

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

**POSOUZENÍ VLIVU VODNÍ JÁMY JEREMENKO
NA KVALITU VODY V ŘECE OSTRAVICI**

**AN ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE
WATER HOLE JEREMENKO TO THE WATER
QUALITY IN THE RIVER OSTRAVICE**

Bakalářská práce

Autor práce:

Doričáková Marika

Vedoucí práce:

Mgr. Eva Pertile, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Marika Doričáková**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3904R005 Environmentální inženýrství
Téma: Posouzení vlivu vodní jámy Jeremenko na kvalitu vody v řece Ostravici
An Assessment of the Impact of the Water Hole Jeremenko to the Water
Quality in the River Ostravice

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl bakalářské práce
2. Charakteristika zájmové oblasti
3. Praktická část
 - 3.1. Charakteristika odběrových míst
 - 3.2. Metodika odběru vzorků
 - 3.3. Metodika analýzy
 - 3.4. Metodika hodnocení
4. Výsledky a diskuse
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

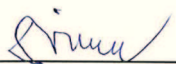
1. Pitter Pavel: Hydrochemie. VŠCHT Praha 4. vydání, 2009. 568 s.
2. Horáková Marta a kol.: Analytika vody. VŠCHT Praha, 2. vydání, 2003. 335 s.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Eva Pertile, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2012
Datum odevzdání: 30.04.2013




prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu


prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlašuji, že:

- Celou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB- TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB- TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB- TUO.
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Po zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB- TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s opatřením užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB- TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB- TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30. 04. 2013

Marika Doričáková

Marika Doričáková

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Mgr. Evě Pertile, Ph.D. za její užitečné rady a vstřícný přístup při vypracování bakalářské práce.

Anotace

Hlavní náplní bakalářské práce je posouzení vlivu důlní vody z vodní jámy Jeremenko na kvalitu vody v řece Ostravici. Na posouzení tohoto vlivu byl proveden monitoring vybraných hydrochemických parametrů. Měřila jsem hodnotu pH, teplotu, elektrolytickou konduktivitu, SO_4^{2-} , NH_4^+ , Cl^- , PO_4^{3-} , N-NO_3^- , Fe, Mn, CHSK_{Cr} , BSK_5 a rozpuštěný kyslík. Měření bylo provedeno celkem tři krát (od listopadu 2012 do března 2013), protože se jedná o pilotní studii, podle které byly vybrány hydrochemické parametry pro další měření v rámci diplomové práce. Znečišťující vliv důlní vody na řeku byl orientačně posouzen srovnáním naměřených hodnot ukazatelů s platnou legislativou (NV č. 61/2003 Sb. v platném znění). Srovnávání bylo jen orientační, protože srovnávací hodnoty nebyly hodnoty ročního průměru, jak uvádí legislativa. Na základě výsledků byly pro další studium lokality v rámci diplomové práce zvoleny tyto parametry: Cl^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , CHSK_{Cr} , rozpuštěný O_2 a teplota.

Klíčová slova:

Důlní vody, vodná jáma Jeremenko, monitoring, vliv, posouzení.

Annotation

The main content of this bachelor work is the assessment of the impact of mine water from the water hole Jeremenko to the water quality in the river Ostravice. The impact assessment was carried out monitoring of some hydrochemical parameters. I measured the pH, temperature, electrolytic conductivity, SO_4^{2-} , NH_4^+ , Cl^- , PO_4^{3-} , N-NO_3^- , Fe, Mn, CHSK_{Cr} , BSK_5 and dissolved oxygen. Measurements were performed free times, because this is a pilot study, which were selected according to the measurement parameters for a thesis. Polluting effect of mine water of the river was assessed by comparing the measured values for the parameters with current legislation. Comparison was only indicative, as comparative values were not annual average values, as the legislation. Based on the results of the thesis for the following parameters: Cl^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , COD_{Cr} , dissolved O_2 and temperature.

Keywords:

Mining water, water pit Jeremenko, monitoring, impact, assessment.

Obsah

1	ÚVOD A CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	1
2	CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉ OBLASTI.....	3
2.1	Klimatické podmínky	4
2.2	Geomorfologické a geologické poměry	4
2.3	Hydrologické poměry	5
2.4	Důl Maršál Jeremenko v Ostravě	6
2.5	Stanovované hydrochemické parametry.....	8
3	PRAKTICKÁ ČÁST.....	13
3.1	Charakteristika odběrových míst	13
3.2	Metodika odběru vzorků.....	15
3.3	Metodika analýzy	15
3.4	Metodika hodnocení	21
4	VÝSLEDKY A DISKUSE.....	22
5	ZÁVĚR	36
	Použitá literatura.....	38
	Seznam obrázků,.....	42
	Seznam tabulek.....	42

Seznam použitých zkratk

AMD	Acid Mine Drainage
BSK	biochemická spotřeba kyslíku
ČR	Česká republika
CHKO	chráněná krajinná oblast
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
NEK	normy environmentální kvality
O1	odběrové místo č. 1
O2	odběrové místo č. 2
O3	odběrové místo č. 3
OKR	Ostravsko- karvinský revír

1 ÚVOD A CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Voda je důležitá strategická surovina. Patří mezi nejzranitelnější složky životního prostředí. Její znečišťování patří ke globálním problémům. Zhoršování čistoty vody na Zemi je důsledkem antropogenního tlaku na životní prostředí. Největší hrozbou pro vodu je průmyslová výroba, zemědělství, sídla, doprava a těžba nerostných surovin. Průmyslové chemikálie, pesticidy, herbicidy a hnojiva, používané v zemědělství se splavují do řek, kde podporují rozmnožování různých bakterií, které mohou pohltit veškerý kyslík. Znečištění vody má proto velmi negativní dopad na životní prostředí. Na některých místech se mnohdy do vody vypouštějí neupravené kanalizační splašky, což způsobuje onemocnění rostlin, živočichů i člověka. Výrobní činnost je mnohdy hrozbou pro čistotu vody, protože při každé výrobě vzniká průmyslový odpad. Kapalné odpady se velmi často vypouštějí do řek, jezer, moří, kde hubí všechno živé.

Díky rozmanité geologické stavbě se v České republice vyskytuje velké množství ložisek rudních a nerudných surovin a kaustobiolitů. Těžba a následné zpracování nerostných surovin jsou činnosti, které významně ovlivňují životní prostředí. Každá důlní činnost ať už je realizovaná v minulosti jednoduchými způsoby nebo složitými technologiemi v současnosti měla a má své dopady do životního prostředí. Jsou to především dopady na hydrosféru. Těžba ovlivňuje rovněž klima a ovzduší. Významné jsou i vlivy na flóru a faunu.

Dnes je samozřejmostí, jak v ČR, tak i v rozvinutém světě, že při zahájení jakékoliv důlní činnosti se potenciální dopady této činnosti podrobí důkladné analýze a predikci. Je to kvůli eliminaci těchto dopadů na životní prostředí. V minulosti však industriální a ekonomické zájmy často převyšovaly nad zájmy ochrany přírody a životního prostředí krajiny. Takové chování vedlo k ekologickým škodám, které následující generace musí řešit. V mnoha případech jsou tyto škody odstranitelné jen za vynaložení vysokých nákladů a v mnoha případech bez možnosti návratu do původního stavu.

Jak již bylo zmíněno, voda je ovlivňována také důlní činností. Je nedílnou součástí horninového prostředí a je v důsledku dobývacích prací kontaminována a také dochází ke změně hydrogeologického režimu podzemní vody. Důlní činností se voda soustřeďuje je čerpána a po vyčištění následně vypouštěna do vodotečí. Kromě změny režimu podzemní vody je doprovodným jevem vlastní podzemní těžby kontaminace důlní vody v důsledku

její oxidace a loužením v horninách přítomných minerálů. Po ukončení těžby a po zatopení vydobytých prostor důlní vodou, nastává jiná situace. Důlní voda výrazně mění svůj chemismus a své složení. Stává se síranovou, kyselou, mineralizovanou vodou s vysokým obsahem železa a manganu. Kontaminace způsobená vyluhováním kovů z hornin bývají často podporovány rozvojem bakteriálních procesů, které zintenzivňují procesy v oblastech nad ustálenou hladinou důlní vody.

V zatopených důlních prostorech tak dochází po ukončení těžby k nastolení rovnovážného chemického systému mezi horninovým prostředím a vodou. Statické zásoby důlní vody jsou většinou silně mineralizované. Vypouštění důlní vody nebo jejích průsaků přes puklinové systémy na povrch způsobuje riziko pro životní prostředí. Eliminace tohoto rizika je ale možná. Je potřebné vybudovat technologické systémy k čištění důlní vody před jejím vypouštěním do vodoteče. To znamená vybudování a provozování dekontaminačních technologií, ale i technické práce a stavby, které zajistí jímání této vody a odvádění k dekontaminaci (Černín, 2009).

Cílem bakalářské práce je provést monitoring vybraných hydrochemických parametrů v řece Ostravici a na základě těchto parametrů posoudit možný vliv vypouštění důlní vody z vodní jámy Jeremko na kvalitu vody v řece Ostravici. Provedený monitoring bude pilotní studií, na základě které se zjistí, které z vybraných parametrů mají významný vliv na kvalitu řeky Ostravice. Na základě této pilotní studie pak budou vybrány významné hydrochemické parametry, které budou i nadále sledovány v rámci řešení diplomové práce. Naměřené hodnoty budou srovnány s nařízením vlády č. 61/2003 Sb. v platném znění. Srovnání bude mít jen orientační charakter, protože srovnávací hodnota nebude hodnota ročního průměru, jak je požadováno v citované legislativě.

2 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉ OBLASTI

Zájmové území se nachází v městském obvodu Vítkovice, které leží v nadmořské výšce 229 m n. m. Na obrázku č 1 je možné vidět lokalizaci Vítkovic v městě Ostrava v mapě. Lokalizace Vítkovic je upřesněna fialovým trojúhelníkem na mapě. Na Vítkovice se lze podívat i jako na významnou historickou lokalitu, ve které především v druhé polovině 19. století a počátkem 20. století došlo k významnému dynamickému rozvoji těžkého průmyslu (těžba uhlí, hutnictví, výroba oceli, strojírenství), čímž došlo k průmyslovému rozvoji v celé aglomeraci. Výstavba průmyslových komplexů a hal ve Vítkovicích a rostoucí produkce výroby měla za následek prudký populační nárůst, budování sociálního zázemí a občanského vybavení pro dělníky a ostatní zaměstnance železáren. Byly stavěny bytové domy pro dělníky a úředníky, byly budovány i závodní nemocnice, závodní jídelny, prádelny a závodní obchody. V roce 1880 dosáhly Vítkovické železářny jeden z vrcholů rozmachu, kdy produkovaly 57% vyrobeného železa na Moravě i Rakouském Slezsku. Samotná obec Vítkovice dosáhla pak svého největšího rozmachu těsně před první světovou válkou. Počet jejích obyvatel přesáhl 23 000. V roce 1908 byly Vítkovice povýšeny na město. V roce 1924 byly Vítkovice sloučeny s Moravskou Ostravou. Další osudy Vítkovic jako městské části jsou pak již výrazně ovlivněny dějinami celé Ostravy (ostravavítkovice.eu).

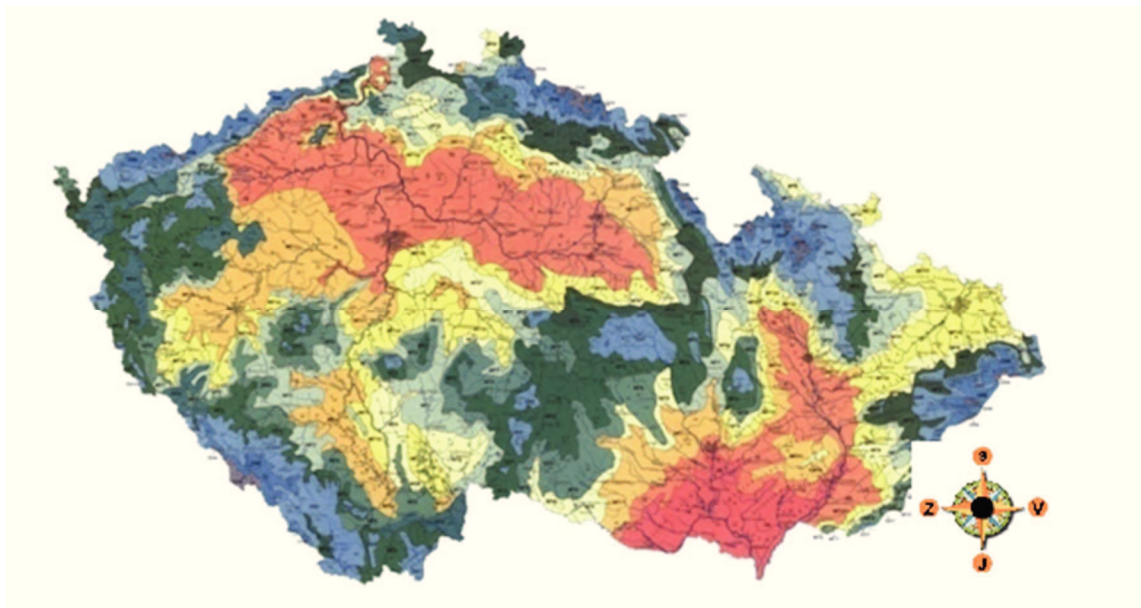


Obrázek 1: Mapa lokalizace Vítkovic v městě Ostrava v měřítku 1: 95 000

(Zdroj: <http://mapy.cz/#x=18.290517&y=49.818228&z=11>)

2.1 Klimatické podmínky

Podle klimatologického členění České republiky (Quitt, 1971) patří městská část Vítkovice do mírně teplého klimatického rajónu MT10. Tento rajón se vyznačuje dlouhým, teplým a mírně suchým létem. Jaro a podzim jsou krátké a mírně teplé. Zima je velmi suchá, krátká a mírně teplá, trvání sněhové pokrývky je krátká (Květoň a Voželínek, 2011).



Obrázek 2: Mapa klimatologického členění ČR dle Quitta, 1971 měřítku 1:150 000
(Zdroj: <http://www.ovocnarska-unie.cz/web/web-sispo/klimreg/klimapa.html>)

2.2 Geomorfologické a geologické poměry

Zájmové území náleží subprovincii Vněkarpatské sníženiny, zastoupené oblastí Severní Vněkarpatské sníženiny, celkem Ostravská pánev a okrskem Ostravská niva. Terén je převážně rovinný, nadmořská výška terénu dosahuje 230 m n.m. (Balatka a Kalvoda, 2006).

Podloží je budováno vápnitými jíly středního miocénu. Mocnost jílovitých sedimentů dosahuje stovky metrů. Jíly jsou zelenavé až modravé, jemně slídnaté, jemně písčité a vápnité. Ve svrchní části je konzistence jílu převážně tuhá. Konzistence jílu je ve svrchní části tuhá, s hloubkou se pevnost zvyšuje, a postupně jíly přechází do jílovců.

Nadloží kvartérní sedimenty jsou reprezentovány fluvialními štěrky řeky Ostravice. V nadloží těchto štěrků se vyskytují sprašové hlíny o mocnosti 2 až 5 m. Na

povrchu se nachází navážky. V důsledku intenzivní antropogenní činnosti byl přirozený půdní pokryv odstraněn (Oznámení EIA 20060121).

2.3 Hydrologické poměry

Vodní toky v Ostravě, ale i v celé průmyslové ostravské oblasti, jsou značně ovlivněné po chemické, fyzikální i biologické stránce a to zejména průmyslovou komunální odpadní vodou. Tyto toky, dle skupiny ukazatelů kyslíkového režimu, náleží převážně do IV. a V. třídy klasifikace jakosti vod povrchových, tedy jejich voda je silně až velmi silně znečištěná. Zájmové území se nachází v oblasti III-B-4-c, která je charakterizována jako oblast středně vodná (Kříž, 2007).

Na mapě (obrázek 3) je znázorněn tok řeky Ostravice s číslem hydrologického pořadí povodí 2-03-01-061.



Obrázek 3: Mapa toku řeky Ostravice v měřítku 1: 50 000
(Zdroj: http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&)

Řeka Ostravice vzniká soutokem Bílé a Černé Ostravice u Starých Hamrů. Délka toku je 65,1 km a plocha povodí je 826,8 km² (Částečková, 1999). Tato řeka by se dala nazvat řekou více tváří. Na svém počátku je krásnou stříbrnou horskou bystřinou, která slouží lidem jako zdroj čisté životodárné pitné vody, a na svém konci připomíná spíše špinavou stoku. Prameny Ostravice jsou dva a můžeme je najít na samém moravsko- slovenském pomezí

v nejvyšších partiích beskydských hřebenů. Bílá Ostravice pramení v lokalitě Bílá - Hlavatá na moravsko-slovenském pomezí. Odtud odtéká severovýchodním směrem a po 9,7 km se stéká s Černou Ostravicí. Ústí do ní zprava. Odtud se trasa Ostravice láme a obrací se k severu, a po 54,2 km ústí do řeky Odry v Ostravě. Celý tok Ostravice od pramene až po ústí je ve správě státního podniku Povodí Odry. Přímo do koryta Ostravice ústí toky - Morávka, Olešná a Lučina. Mimo to do Ostravice je zaústěna ještě řada dalších toků: Velký potok, Řečice, Smradlava, Frýdlantská Ondřejnice, Čeladenka, Bystrý potok, Baštice a Ostravická Datyňka (Šindlářová a Kobza, 2007).

Z chráněných území se řeka Ostravice přímo dotýká Chráněná krajinná oblast Beskydy, do níž spadá řeka horní tratí nad silničním mostem v obci Ostravice. Do chráněné oblasti taktéž připadá i celý prostor zátopy vodního díla Šance. Z chráněných živočichů, kteří v řece Ostravici nebo na jejích březích sídlí, je to z ryb především střevele potoční (*Phoxinus phoxinus*), mihule potoční (*Lampetra planeri*), mník jednovousý (*Lota lota*), vranka pruhoploutvá (*Cottus poecilopus*) a vranka obecná (*Cottus gobio*). Dolní část Ostravice je biotopem pro ledňáčka říční (*Alcedo atthis*), na středním toku je Ostravice biotopem také pro vydra říční (*Lutra lutra*). Na Ostravici je pstruhové pásmo vymezeno nad ústím Čeladenky ve směru proti toku až do pramenné oblasti nad nádrží Šance. Lipanové pásmo se nachází v úseku mezi Čeladenkou a ústím Morávky a parmové zase od Morávky k ústí Ostravice do Odry. Charakter toku řeky odpovídá prostoru a terénu, jímž řeka protéká a také vývoji osídlení a hospodářství. Jiný ráz má řeka nad zátopou přehrady Šance, kde se jedná o tok divoký v poměrně sevřeném prostoru horského masivu Beskyd (www.pod.cz).

2.4 Důl Maršál Jeremenko v Ostravě

Dne 25. května 1891 byl v důsledku rostoucí potřeby černého uhlí v hutnickém průmyslu a železniční dopravě založen ve Vítkovicích nový důl pod názvem Nová jáma (Neuschacht). Zakladatelem byly Spojené Vítkovické kamenouhelné doly. V roce 1895 byl název dolu změněn po synovi majitele Alberta Salomona Rothschilda na Jáma Louis. Těžní jáma se začala hloubit v roce 1892. První těžba z příprav se vytěžila v roce 1896. V letech 1895-1899 se pro dělníky i techniky vybudovala hornická kolonie, která se později postupně rozšiřovala. Kolonie měla po dostavbě sedmdesát sedm domů. Těžba uhlí

se postupně zvyšovala a během první světové války se ročně těžilo až dvě stě padesát tisíc tun černého koksovateľného uhlí, vesměs pro koksovnu Vítkovických železáren.

V letech 1922-1929 byla prohloubena větrná jáma a pro těžní jámu č. 1. Byl postaven parní těžní stroj, který dosahoval výkonu 1500 Ks. Ve 30. letech byla jáma prohloubena na úroveň sedmého patra do hloubky 819 m. Během druhé světové války byl Důl Louis součástí koncernu Hermann Göring Werke. Dne 1.1.1942 byl přejmenován na Zeche Steinböck. V roce 1943 začali nacisté hloubit jámu č. 3, která do června 1944 dosáhla hloubku až 133 m. Hloubení jámy č. 3 však bylo zastaveno a to pro nedostatek pracovních sil a pro velké tektonické poruchy. Po ukončení druhé světové války se důl vrátil k názvu Jáma Louis, ale 8.12.1946 byl znovu přejmenován na počest velitele sovětské armády na Důl Generál Jeremenko. Ten byl 1.4.1958 připojen k Dolu Hlubina a byl vytvořen nový národní podnik. V roce 1970 se důl přejmenoval na Důl Maršál Jeremenko. Od roku 1958 pokračovalo hloubení jámy č. 3, které bylo dokončeno v roce 1966. Konečná dosažená hloubka jámy č. 3 byla 1061,85 m. Důl Maršál Jeremenko se tak stal jedním z nejhlubších dolů v OKR. Těžba na Dole Maršál Jeremenko byla utlumena a zcela ukončena dne 31.12.1992. Za dobu trvání Jámy Louis vytěžil důl 28,540 mil.tun kvalitního koksovateľného uhlí.

Dnes důl patří státnímu podniku DIAMO a slouží jako vodní jáma pro celou ostravskou část revíru. Na kótě 370 m jsou v jámě č. 1 instalována tři čerpadla, každé o výkonu 175 l/s s výtlačnou výškou 651 m. S ohledem na nutnost pravidelného čerpání důlní vody je to jediný důl v ostravské části OKR, který nemá zasypány vodní jámy. Kladivová těžní věž je prohlášena za kulturní památku České republiky a dosahuje výšky 55 m (www.zdarbuh.cz). Důlní voda je čerpána a vypouštěna do řeky Ostravice. Jsou neutrální až mírně alkalické základního natrium-chloridového typu (<http://www.diamo.cz>).

Mezi zajímavosti patří, že v roce 1952 se při těžbě našel ve sloji Osmana na pátém patře zkamenělý kmen stromu, který měl délku 2,5 m a průměr 30 cm. Tento unikátní nález byl věnován po roce 1991 do sbírek minerálů Vysoké školy báňské – TU Ostrava (www.zdarbuh.cz).

2.5 Stanovované hydrochemické parametry

V následujícím textu popíšu charakteristiku vybraných hydrochemických parametrů, které jsem ve vzorcích vody stanovovala ve své závěrečné práci.

Elektrolytická konduktivita se v rozbořech vody označuje jen jako konduktivita. Je v podstatě míra koncentrace ionizovatelných anorganických i organických součástí vody. Slouží také ke kontrole výsledků chemického rozboru vody. Lze podle ní posoudit úplnost rozboru iontových složek. Řadí se jenom k orientačním hydrochemickým parametrům.

Teplota je jedním z nejvýznamnějších ukazatelů jakosti a vlastnosti vody. Významně ovlivňuje chemickou a biochemickou reaktivitou i v úzkém teplotním rozmezí přírodní a užitkové vody, a to od 0 °C do 30 °C. Značný význam má teplota povrchové vody, protože ovlivňuje rozpustnost kyslíku, rychlost biochemických pochodů, a tím v podstatě i celý proces samočištění. Při vypouštění teplé vody do vody povrchové se někdy hovoří o znečištění tepelném.

Teplota povrchové vody má tedy velký význam. Ovlivňuje důležitý proces samočištění. Při teplotách nižších než 5 °C probíhají tyto biochemické procesy velmi zvolna. Teplota povrchové vody by neměla překročit hodnotu 26 °C. (Pitter, 2009).

Teplota se mění v celé délce toku řeky během ročních období i během dne. Nadmořská výška, místní klima a rozsah vegetace u břehu ovlivňují teplotu vody v řece. Teplota vody ovlivňuje metabolismus a tím i schopnost studenokrevních tvorů fungovat. Každý druh však reaguje rozdílně. Například, pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*) se nerozmnožuje při teplotě nižší jako 3 °C, optimální teplota pro pstruha je v rozmezí 5- 16 °C. Kapr obecný (*Cyprinus Carpio*) se rozmnožuje při teplotě nad 20 °C. Teplota vody ovlivňuje růst a vývoj vodních živočichů, jako i jejich prostorovém rozložení v řece. Většina vodních druhů má specifický rozsah teploty vody, kterou jsou schopné tolerovat. Vysoká teplota vody v řece však může negativně ovlivňovat ryby vodní živočichy, dokonce může vést i k úhynu (Caissie et al., 2007).

Hodnota pH udává kyselost na stupnici 1 až 7 nebo zásaditost na stupnici 7 až 14. Hodnota pH je záporná hodnota dekadického logaritmu koncentrace vodíkových iontů.

Protože všechny živé organizmy vyžadují specifické rozsahy pH, aby jejich buňky fungovaly správně, můžou extrémní nebo náhlé změny hodnoty pH přímo poškodit vodní život. Změny pH můžou také nepřímo poškodit vodní život tím, že mění další aspekty kvality vody (Chen a Chen, 2003).

Chemická spotřeba kyslíku představuje nespécifické skupinové stanovení, které slouží jako podklad pro odhad organického znečištění vody. Organické znečištění vody může být v zásadě přírodního původu (výluhy z organicky bohatých zemín z lesa nebo rašeliniště z rozložených živočišných nebo rostlinných těl), nebo původu umělého, tedy antropogenního. Druhá alternativa je o něco horší, protože vede k domněnce, že se do vody mohla dostat i látka toxická (např. pesticidy, hnojiva apod.). Udává se v mg/l a odpadní voda s velkým znečištěním pak v g/l (Horáková, 2007).

Vysoké koncentrace CHSK_{Cr} může způsobit nedostatek rozpuštěného kyslíku ve vodě pro ryby a jiné vodní druhy. Chemická spotřeba kyslíku není globálním, ale regionálním problémem. Tento jev může přirozeně nastat v hlubokých jezerech. Poměr mezi CHSK a BSK se zjišťuje v některých případech na zjištění obsahu toxických látek ve vodě (<http://utslappisiffror.naturvardsverket.se>).

Biochemická spotřeba kyslíku je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek biochemickou oxidací organických někdy i anorganických látek ve vodě. Udává se mg.l^{-1} (Horáková, 2007).

Hodnota BSK závisí na inkubační době. BSK za n dní se označuje BSK_n . Biochemická spotřeba kyslíku se používá jako míra koncentrace látek biologicky rozložitelných. Stanovení BSK je běžnou součástí chemické analýzy povrchové a odpadní vody a je jedním ze základních parametrů při posuzování účinnosti biologického čištění odpadní vody a při hodnocení biologické rozložitelnosti organických látek (Pitter, 2009).

Mikroorganizmy, jako jsou některé bakterie, jsou odpovědné za rozklad odumřelé organické hmoty. Při tomto procesu bakterie spotřebují rozpuštěný kyslík a tím o kyslík okrádají jiné vodní organizmy, které kyslík potřebují k životu. V případě, že voda obsahuje velké množství organického odpadu, obsahuje i velké množství bakterií, které tento odpad rozkládají. V tomto případě bude spotřebované velké množství kyslíku a jeho obsah ve vodě poklesne.

Zvýšený obsah dusičnanů a fosforečnanů také přispívají k zvyšování koncentrace BSK. Jsou to rostlinné živiny, které podporují růst rostlin. Když rostliny rostou rychle, tak i rychle odumírají. Což má za následek vysoké množství bakterií a zvýšení BSK. Obecně platí, že jak se zvýší BSK, tak se sníží obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě (Kumar a Kumar, 2005).

Kyslík je nejvýznamnější z rozpuštěných plynů ve vodě a netvoří s ní iontové sloučeniny. Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě se udává v hmotnostní koncentraci (mg/l) a v procentech nasycení vody kyslíkem, vztažených k rozpustnosti kyslíku ve vodě za dané teploty a daného atmosférického tlaku (Horáková, 2007).

Kyslík se dostává do povrchové vody difuzí z okolního prostředí, provzdušňováním a jako vedlejší produkt fotosyntézy. Rozpuštěný kyslík je nevyhnutný pro udržení aerobních podmínek v povrchové vodě. Ryby žijící ve vodě s nadměrným obsahem rozpuštěného kyslíku můžou trpět takzvanou chorobou bublinkového plynu. Tento jev je ale velice vzácný. Když klesne obsah kyslíku pod 5 mg/l, vodní život je vážně ohrožený. Množství kyslíku kolem 1-2 mg/l může mít za následek úhyn velkých ryb (Davis, 1975).

Mangan doprovází v přírodních vodách běžně železo. Obvykle nedosahuje koncentraci větší než 1 mg/l. V přírodní vodě se mangan nejčastěji vyskytuje v oxidačním stupni Mn^{II} . V styku se vzdušným kyslíkem se může oxidovat na Mn^{IV} . Ostatní formy jsou teoreticky možné, ovšem v realitě se prakticky nevyskytují. Zvýšený příjem manganu do organismu může způsobit chronickou otravu, nebo onemocnění manganismus (Horáková, 2007).

Železo je důležitý prvek obsažený ve vodách. Nejrozšířenější železnou rudou je pyrit FeS_2 ; dále krevet Fe_2O_3 , magnetovec Fe_3O_4 , limonit $Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$ a siderit $FeCO_3$. Antropogenním zdrojem železa ve vodě přírodní i užitkové vodě mohou být některé průmyslové odpadní vody a korozní procesy ve vodovodním potrubí. Formy výskytu rozpuštěného i nerozpuštěného železa ve vodě závisí na hodnotě pH, redoxním potenciálu a komplexotvorných látkách obsažených ve vodě. Ve vodě se železo vyskytuje v oxidačním stupni II nebo III. V bezkyslíkatém redukčním prostředí podzemní a povrchové vodě se železo vyskytuje ve formě Fe^{II+} (Pitter, 2009).

Železo hraje důležitou roli v přírodních procesech v povrchové sladkovodní vodě. Je často limitujícím faktorem pro vodní organismy. Zelené rostliny využívají železo na procesy proměny energie (Drake, 1981; Pitter, 2009).

Chloridy jsou velmi běžnou formou výskytu sloučenin chloru ve vodě. Jsou ve vodě chemicky i biologicky stabilní. Vyskytují se ve všech druzích vody v různé koncentraci. V silně znečištěné průmyslové vodě se chloridy vyskytují v koncentracích až několik gramů v litru. Ve vodě přírodní patří mezi základní anionty této vody. Větší množství chloridů v přírodní vodě bývá ukazatelem znečištění především splaškovou či průmyslovou vodou (Horáková, 2007).

Chloridy obvykle nejsou škodlivé. Ve velké koncentraci však mohou kontaminovat sladkovodní řeky a jezera. Zvýšené koncentrace chloridů mohou způsobit různé ekologické problémy jako acidifikaci toků, mobilizaci toxických kovů z půdy, vliv na mortalitu a rozmnožování vodních rostlin a živočichů, a změnu složení společenstva rostlin. Ryby a vodní společenstvo nemůže prožít vysoké koncentrace chloridů (Kaushal, 2009).

Celkový fosfor se vyskytuje ve vodě buď ve formě anorganických anebo organických sloučenin. Patří zde hlavně **orthofosforečnany** a polyfosforečnany. Ze zdravotního hlediska není koncentrace fosforečnanů velmi důležitá. Jejich limitní hodnota není uvedena ve vyhlášce Ministerstva zdravotnictví č. 376/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody v platném znění. Zvýšený obsah fosforečnanů může ale indikovat také možné fekální znečištění. Stanovení fosforečnanů v povrchové vodě je významná především z hlediska otázky vzniku eutrofizace. Obsah fosforu má na eutrofizaci ve vodách zásadní vliv (Horáková, 2007).

Hlavním zdrojem výskytu **síranů** u povrchové vody jsou minerály sádrovec a anhydrid. Vznikají také oxidací sulfidových rud. To je hlavní příčina zvýšené koncentrace síranů v důlní vodě. Zdrojem síranů jsou i městské a průmyslové exhalace, které obsahují významné množství SO_2 a SO_3 . Sírany patří mezi hlavní anionty v přírodních vodách. V důlních vodách jsou sírany zcela dominujícím aniontem (Pitter, 2009).

Amoniakální dusík se ve vodách vyskytuje ve formě disociovaného iontu NH_4^+ a jako nedisociovaný iont NH_3 . Podíl těchto dvou forem ovlivňuje především hodnota pH a také teplota vody. Amoniakální dusík ($\text{N}_{\text{amon.}}$) se vyskytuje ve vodě každého typu. Ve vodě

přírodní bývá koncentrace nízká, u vody splaškové se koncentrace pohybuje v desítkách mg/l. U některé průmyslové odpadní vody je to až v stovkách mg/l (Horáková, 2007).

Při vysokých koncentracích je NH_4^+ poměrně dost toxický a zpomaluje růst rostlin (Britto a Kronzucker, 2002). Mezi toxické příznaky NH_4^+ patří zpomalení růstu, chlorosu listů, změny morfologie kořene a snížení účinnosti fotosyntézy a jiné. Některé mokřadní rostliny se s vysokým obsahem NH_4^+ vyrovnávají velice dobře, dokonce jsou vhodné pro biologické čištění a odstraňování amoniakálního dusíku. Patří zde například nepukalka vzplývající (*Salvinia natans*) (Jampeetong and Brix, 2009).

Dusičnanový dusík patří mezi anorganické sloučeniny dusíku. Zvýšený obsah dusičnanového dusíku negativně ovlivňuje život pod vodní hladinou. Obecně platí, že sladkovodní obratlovci jsou více citliví na N-NO_3^- jako ti mořští. Avšak i některé mořské živočichy mohou být na dusičnanovou toxicitu velmi citliví. Jak obratlovci, tak i sladkovodní ryby, jsou velmi citlivé na dusičnanovou toxicitu. Tyto ryby tolerují zvýšené množství N-NO_3^- , ale jen v krátkodobé expozici (Camargo et al., 2005). Například, v případě pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) je kritická hodnota už 5- 6 mg/l N-NO_3^- (Grabda et al., 1974). Dusičnanový dusík je rovněž významná živina, která podporuje vznik eutrofizace. Což způsobuje vysokou produktivitu některých organismů na úkor druhové bohatosti. Rozšiřují se hlavně řasy a sinice. Přemnožení řas ve vodě způsobuje vegetační zákal a sinice tvoří vodní květ (Tilman, 1993).

3 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části bakalářské práce jsem pozorovala míru znečištění řeky Ostravice v lokalitě městské části Vítkovice. Důvodem znečištění by mělo být dle předpokladů vypouštění důlní vody z vodní jámy Jeremenko. Vybrané stanovované parametry jsou součástí pilotní studie, podle které budou vybrány parametry na měření pro diplomovou práci. Stanovení jsem opakovala celkem tři krát a to od listopadu 2012 do března 2013 zhruba v dvouměsíčních odstupech.

3.1 Charakteristika odběrových míst

Pro účely monitoringu řeky Ostravice jsem si zvolila celkem tři odběrová místa. Zvolila jsem je tak, abych mohla srovnat naměřené hodnoty hydrochemických parametrů vzorků vody u neovlivněné části řeky důlní vodou s částí ovlivněnou důlní vodou. Všechna odběrová místa se nachází v městské části Ostrava- Vítkovice.

Odběrové místo č. 1- O1 (obrázek č. 4) se nachází asi 100 m před potrubím, které slouží k vypouštění důlní vody z vodní jámy Jeremenko.



Obrázek 4: Odběrové místo č. 1- O1 (březen, 2013)

Odběrové místo č. 2- O2 (obrázek č. 5) se nachází v bezprostřední blízkosti výtokového potrubí. Přes řeku, mezi oběma odběrnými místy, je veden železniční most na trase Ostrava- Havířov.



Obrázek 5: Odběrové místo č. 2- O2 (březen, 2013)

Třetí odběrové místo- **O3** (obrázek č. 6) je asi 100 m vzdálené od **O2**. Také v jeho blízkosti se nachází most, který prochází přes řeku Ostravici.



Obrázek 6: Odběrové místo č. 3 - O3 (březen, 2013)

Koryto řeky je u všech odběrových míst stejně hluboké. U všech odběrových míst se vyskytují klasické břehové porosty, jako jsou rákos obecný (*Phragmites australis*), orobinec širokolistý (*Typha latifolia* L.), keře a různé traviny. Břehy zpevňují břízy bělokoré (*Betula pendula*), vrby bílé (*Salix alba*), topoly (*Populus*), olše šedé (*Alnus incana*) a olše lepkavé (*Alnus glutinosa*). Vrby a olše výborně snášejí záplavy. Fauna tu není velmi rozmanitá.

Na řece u odběrového místa **O1** se často vyskytují divoké kachny (*Anas platyrhynchos*). V okolí všech odběrových míst se zdržují ptáci kulík říčný (*Charadrius dubius*), raček chechtavý (*Larus ridibundus*), vrabec domácí (*Passer domesticus*), rybak obecný (*Sterna hirundo*) a také penkava obecná (*Fringilla coelebs*).

3.2 Metodika odběru vzorků

Odběry a analýzy vybraných hydrochemických parametrů jsem provedla celkem třikrát a to- od listopadu 2012 do března 2013 zhruba v dvouměsíčních odstupech. Měření bylo ve sledovaném období provedeno celkem tři krát, protože se jedná o pilotní studii, podle které byly vybrány parametry na měření pro diplomovou práci. Poslední odběr byl proveden dne 13.03.2013.

Vzorky vody jsem odebírala do plastových vzorkovnic o objemu 1,5 l. Vzorky jsem žádným způsobem nekonzervovala, protože pro analýzu vybraných hydrochemických parametrů to nebylo třeba. Výjimkou bylo stanovení rozpuštěného kyslíku, takže jsem musela kyslík v kyslíkových láhvích ihned zafixovat srážecími činidly. Po naplnění vzorkovnic jsem je uzavřela a hned jsem je transportovala do laboratoře. Rozbor vzorků jsem prováděla asi 1 h po odběru. Během odběru jsem se řídila platnou normou ČSN ISO 5667-6- Jakost vod - Odběr vzorků - Část 6: Návod pro odběr vzorků z řek a potoků.

3.3 Metodika analýzy

Veškeré analýzy jsem prováděla ve školní VŠB-TUO v laboratoři J 218 Institutu environmentálního inženýrství. Důlní voda má především zvýšený obsahy chloridů, síranů a železa. Chemickou analýzu jsem rozšířila a obohatila také o další stanovované parametry, a to jsou hodnota pH, konduktivita, CHSK_{Cr}, BSK₅, rozpuštěný kyslík, Mn v rozpuštěné formě, NH⁴⁺, N-NO₃ a PO₄³⁻. Důležitým parametrem, který jsem měřila přímo v terénu, byla

teplota vody, která je vysoce ovlivněna vypouštěnou důlní vodou, které dosahují teploty až 28 °C (Oznámení EIA 20060121), což je důvodem teplotního znečištění vodního toku řeky Ostravice.

Teplotu jsem měřila současně s odběrem vzorku, tedy přímo v terénu pod hladinou vody. Na měření jsem použila přenosný digitální teploměr GTH 175/ Pt od společnosti GREISINGER electronic (obrázek 7). Teploměr udává výsledky v °C. Řídila jsem se během stanovení platnou normou ČSN 75 7345 Jakost vod. Teplota.



Obrázek 7: Digitální teploměr GTH 175/ Pt (březen, 2013)

Pro stanovení **elektrolytické konduktivity** je potřebné vzorek vytemperovat na teplotu 25 °C a to vzhledem k tomu, že když se teplota změní o 1°C, konduktivita se změní asi o 2% (Horáková, 2007). Elektrolytickou konduktivitu jsem měřila v laboratoři pomocí konduktometru WTW GMH 3430 od společnosti GREISINGER electronic. Při stanovení jsem se řídila platnou normou ČSN EN 27888(75 7344) Jakost vod- Stanovení elektrolytické konduktivity.



Obrázek 8: Konduktometr WTW GMH 3430(březen, 2013)

Pro zjištění **hodnoty pH** jsem použila potenciometrické stanovení. Parametr jsem měřila přímo v terénu přenosným potenciometrem GMH 3530 od společnosti GREISINGER electronic s kombinovanou elektrodou. Tuto metodu lze využít u vzorků všech typů vody v rozsahu hodnoty pH od 3 do 10. Přístroj musí být správně nakalibrován. Řídila jsem se platnou normou ČSN ISO 10523(75 7365) Jakost vod- Stanovení pH.

Ke stanovení **chloridů** jsem použila odměrné stanovení argentometrickou metodou podle Mohra. Je to nejčastěji požívaná metoda. Je založená na vzniku dvou sraženin. Vzniká bílá sraženina chloridu stříbrného a červenohnědá sraženina chromanu draselného. Titruje se odměrným roztokem dusičnanem stříbrným. Metoda je vhodná pro rozsah obsahu chloridů od 4 - 400 mg/l. Řídila jsem se normou ČSN ISO 9297 (75 7420) Stanovení chloridů Argentometrické stanovení s chromanovým indikátorem (metoda podle Mohra).

Obsah **rozpuštěného kyslíku** jsem zjišťovala odměrným jodometrickým stanovením. Vzorky vody jsem fixovala přidáním srážecích činidel přímo při odběru. Je důležité, aby naplněná kyslíková láhev neobsahovala žádné vzduchové bubliny, způsobilo by to chyby při analýze. Řídila jsem se platnou normou ČSN EN 25813 – ISO 5813:1983(75 7462) Stanovení rozpuštěného kyslíku. Jodometrická metoda.

Obsah **síranů** jsem stanovovala spektrometricky podle metody USEPA SulfateVer 4 Method. Měřila jsem na spektrometru Spectroquant Multy od společnosti MERCK. Vzorky vody jsem odpipetovala do připravených kyvet. Do kyvet jsem přidala reakční látku v prášku, po promíchání roztoků v kyvetách jsem obsah síranů měřila na spektrometru při vlnové délce 450 nm (Method 8051).

Obsah **amoniakálního dusíku** jsem stanovovala spektrometrickou metodou. Používala jsem opět přístroj Spectroquant Multy od společnosti MERCK. Do malé kyvety jsem odpipetovala 5 ml vzorku vody. Teplota vzorku musela být vytemperována na 20 až 30 °C. Pak jsem do vzorků přidala 0,6 ml reakční látky č. 1 a obsah jsem promíchala. Po důkladném promíchání všech troch vzorků jsem do kyvet přidala ještě 1 mikroskopickou lžičku reakční látky č. 2. Důležité je aby se látka úplně rozpustila v analyzovaném vzorku. Po pěti minutové reakční době jsem přidala do všech kyvet čtyři kapky reakční látky č. 3. Po pěti minutách míchání jsem zeleně zbarvené roztoky měřila v přístroji. Měří se i slepý pokus, který obsahuje jenom destilovanou vodu. Řídila jsem se platnou normou

ČSN ISO 7150-1 (75 [7451]) Jakost vod. Stanovení amonných iontů. Část 1: Manuální spektrometrická metoda.



Obrázek 9: Stanovení amoniakálního dusíku (březen, 2013)

Chemickou spotřebu kyslíku (CHSK_{Cr}) jsem stanovovala spektrometricky. Měřila jsem na stejném přístroji jako sírany a amoniakální dusík. Vzorky jsem pipetovala do speciálních kyvet označených čárovým kódem. Po přidání vzorku jsem vzniklý roztok v každé kyvetě důkladně promíchala. Udělala jsem i slepý pokus a to tak, že jsem do připravené kyvety odpipetovala destilovanou vodu. Promíchané kyvety jsem vložila do termostatu typu WTW CR 2200 od společnosti MERCI (obrázek 10), kde se vzorky ohřívali na teplotě 148 °C po dobu dvou hodin.



Obrázek 10: Termostat WTW CR 2200 od společnosti MERCI (březen, 2013)

Po uplynutí dvou hodinového ohřevu v termostatu se kyvety chladily a následně jsem měřila CHK_{Cr} . Řídila jsem se platnou normou ČSN ISO 15705 (757521) Jakost vod. Stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK_{Cr}) - Metoda ve zkumavkách.

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK_5) jsem stanovovala odměrným stanovením jodometrickou metodou. Metoda je založená na stanovení obsahu rozpuštěného kyslíku v předem upraveného vzorku vody nultého a pátého dne inkubace. Vzorek se inkubuje 5×24 h při teplotě 20°C . Na obrázku 11 jsou zobrazeny titrační baňky před a po titraci odměrným roztokem. Řídila jsem se platnou normou ČSN EN 1899- 1 (75 7517 Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech (BSK_n)- Část 1: Zředovací a očkovací metoda s přídavkem allylthiomočoviny.



Obrázek 11: Stanovení BSK (březen, 2013)

Obsah **dusičnanového dusíku** jsem stanovovala metodou Cadmium Reduction Method s rozsahem měření 0,1- 10,0 mg/l. Při této metodě kadmium redukuje dusičnany na dusitany, které pak reagují v kyselém prostředí kyseliny sulfanilové. Vznikne oranžově zbarvený roztok, který se měří.

Do kyvet jsem odpipetovala 10 ml vzorku, přidala reakční látku, která byla ve formě prášku. Směs v kyvetách jsem minutu míchala a po uplynutí pěti minutové doby jsem měřila koncentraci N-NO_3^- měřila na spektrometru typu DR 2800 od společnosti HACH LANGE při vlnové délce 400 nm (Method 8171).

Spektrometricky jsem měřila i obsah **rozpuštěného železa**. Používala jsem metodu TPTZ Iron Reagent Powder Pillow Method s rozsahem měření 0,012 – 1,800 mg/l. Na měření jsem používala opět spektrometr DR 2800. Do kyvet jsem odpipetovala 10 ml vzorku. Pak jsem ke vzorkům přidala reakční látku ze přiloženého sáčku. Do kyvety se slepým pokusem se reakční látka přidává taky. Po uplynutí tří minutové doby jsem měřila fialově zbarvené roztoky v kyvetách při vlnové délce 590 nm (TPTZ Method).

Obsah **rozpuštěného manganu** jsem stanovovala spektrometricky metodou 1-(2-Pyridylazo)-2-Naphthol PAN s rozsahem měření 0,0006- 0,700 mg/l. Tato metoda je velmi citlivá a rychlá. Zjišťuje i malé množství manganu ve vzorku. Jako činidla se přidávají kyselina askorbová a alkalické kyanidové činidlo. Do kyvet jsem odpipetovala 10 ml vzorku. Měří se pak oranžově zbarvené roztoky v kyvetách, které lze vidět na obrázku č. 12. Měřila jsem na přístroji DR 2800 při vlnové délce 560 nm (Method 8149).



Obrázek 12: Stanovení manganu (březen [2013])

Stanovení **fosforečnanů** jsem provedla spektrometricky opět na přístroji DR 2800. Obsah fosforečnanů jsem stanovovala metodou PhosVer 3 (Ascorbic Acid) s rozsahem měření 0,02- 2,5 mg/l. Při této metodě fosforečnany reagují s molybdenem za vzniku komplexu. Kyselina askorbová pak komplex redukuje, což zintenzivní jeho modrou barvu. Do kyvet jsem také odpipetovala 10 ml vzorku a po přidání reakční látky jsem obsah PO_4^{3-} měřila při vlnové délce 880 nm (Method 8048).

3.4 Metodika hodnocení

Soubor naměřených hodnot jsem zpracovávala v programu Microsoft Office Excel 2007. Použila jsem statistické a grafické metody programu. Vliv vypouštění důlní vody z vodní jámy Jeremko do řeky Ostravice jsem posuzovala srovnáním naměřených hodnot s nařízením vlády č. 23/2011, kterým se mění nařízení vlády č. 229/2007 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Učinila jsem tak pouze pro orientaci, protože srovnávací hodnoty nejsou hodnoty ročního průměru.

V tabulce č. 1 jsou uvedeny ukazatele vyjadřující stav ve vodním toku, normy environmentální kvality uvedené v nařízení vlády č. 23/2011 Sb. v platném znění.

Tabulka 1: Ukazatele vodního toku a NEK- průměrné roční hodnoty

Ukazatel	Značka, zkratka	Jednotka	NEK (průměrná hodnota)	Nejvyšší přípustná hodnota
rozpuštěný kyslík	O _{rozp}	mg/l	>9	-
biochemická spotřeba kyslíku	BSK ₅	mg/l	3,8	-
chemická spotřeba kyslíku	CHSK _{Cr}	mg/l	26	-
amoniakální dusík	N-NH ₄ ⁺	mg/l	0,23	-
dusičnanový dusík	N-NO ₃ ⁻	mg/l	5,4	-
teplota	t	°C	-	29
reakce vody	pH		6-9	-
chloridy	Cl ⁻	mg/l	150	-
sírany	SO ₄ ²⁻	mg/l	200	-
mangan	Mn	mg/l	0,3	-
železo	Fe	mg/l	1	-
celkový fosfor	P _(celk.)	mg/l	0,15	-

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

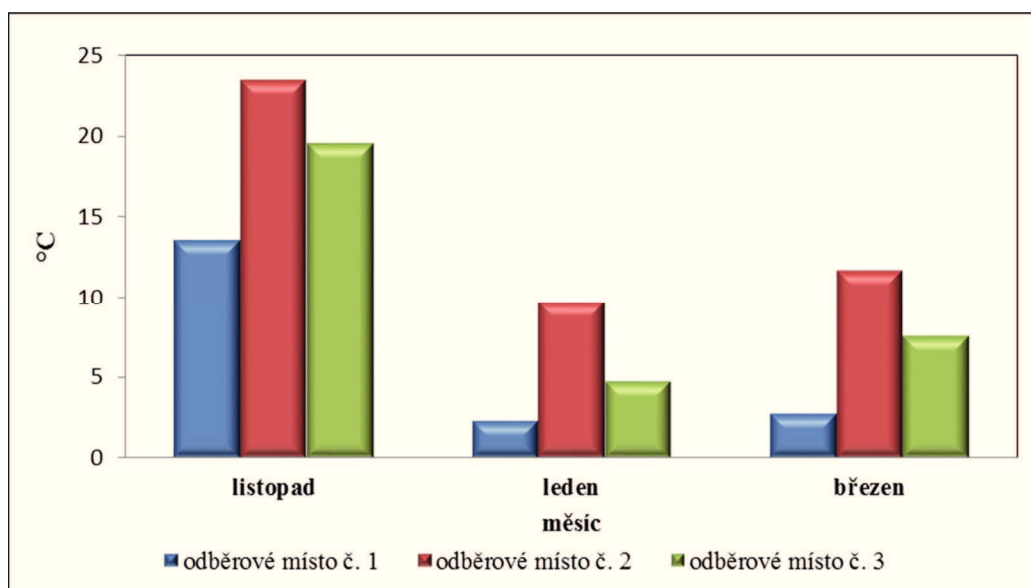
Naměřené hodnoty **teploty** prokázaly, že vypouštěná důlní voda (O2) ohřívá vodní tok v průměru cca o 8 °C. To by mohlo způsobovat teplotní znečištění, které by mohlo významně omezovat život ryb a jiných vodních živočichů v řece Ostravici. Vzhledem k tomu, že byla teplota měřena pouze v chladnějších měsících roku (od listopadu 2012 do března 2013), je reálný předpoklad, že v letním období může dojít k zvýšení teploty v toku vlivem právě vypouštěné důlní vody.

Podle nařízení vlády č. 23/2011 je limitní hodnota 29 °C. Reální teplota vypouštěné důlní vody z vodní jámy Jeremko je však v rozmezí 26- 29 °C (Oznámení EIA 20060121), takže jak již bylo uvedeno výše, v letních měsících, které nejsou v pilotní studii zařazeny, je dost pravděpodobné, že by mohl být průměrný roční limit překročen. V tabulce 2 jsou uvedeny, všechny naměřené hodnoty ze všech odběrových míst.

Tabulka 2: Naměřené hodnoty teplot vody v monitorovaném období

Odběrové místo	listopad	leden	březen	jednotka
O1	13,5	2,3	2,7	°C
O2	23,4	9,7	11,7	°C
O3	19,5	4,7	7,5	°C

Podle grafu, který je zobrazen na obrázku 13, je patrné, že teplota je nejvyšší vždy jen u odběrového místa č. 2 (O2). Z grafického znázornění výsledků, je vidět, že teplota je nejvyšší vždy u odběrového místa č. 2 (nachází se v bezprostřední blízkosti s potrubím).



Obrázek 13: Vývoj teploty ve sledovaném období na monitorovaných lokalitách

Jedním z řešení teplotního znečištění by mohlo být využití odpadního tepla z čerpané důlní vody pro vytápění a s tím související výstavba teplovodů. Uvádí se, že dostupný energetický potenciál získaný z uvedeného zdroje by mohl být přibližně 10 MW. Jedná se o využití obnovitelného zdroje energie, konkrétně se jedná o geotermální energii. Odebíráním tepla ve výměnících by tak mohlo dojít ke snížení teploty vypouštěné důlní vody a tím ke zlepšení současného stavu.

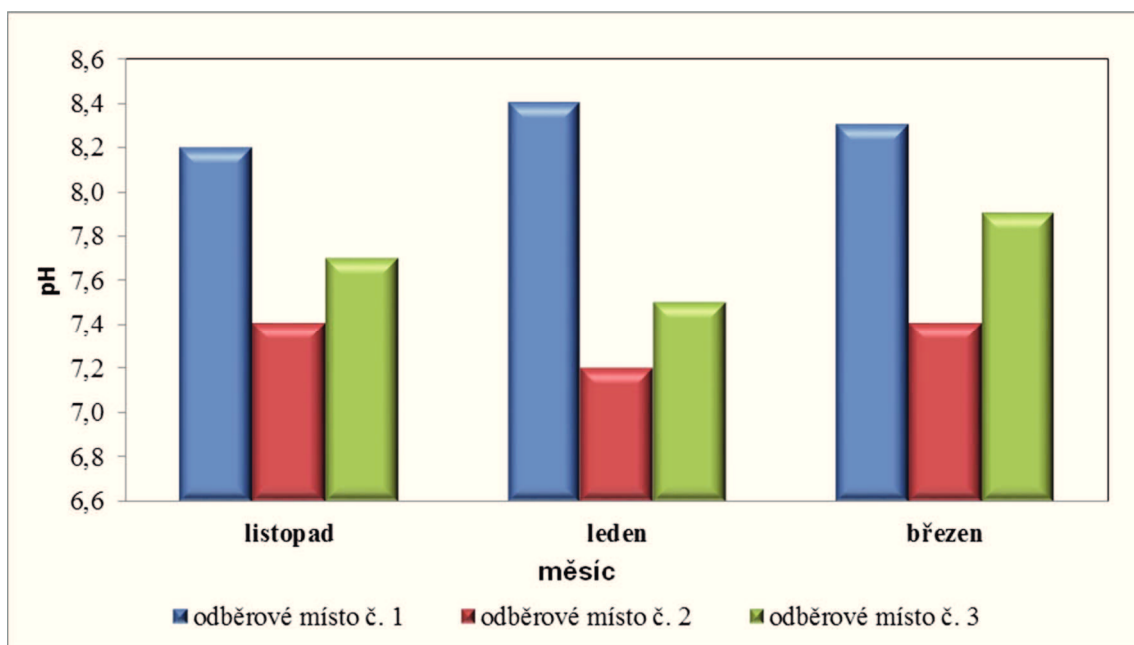
Snížením teploty vody v řece se zvýší množství rozpuštěného kyslíku a tím následně dojde ke snížení organického znečištění vody. Jedná se především o hodnoty BSK₅, CHSK_{Cr}, NH₄⁺. Přináší to s sebou i další výhodu a to je snížení emisí oxidu uhličitého (CO₂) ze stávajících uhelných a plynových kotelen na polovinu současného stavu. Toto řešení však přináší i pár nevýhod. V průběhu výstavby by mohlo dojít k lokálnímu zhoršení kvality ovzduší. To znamená zvýšená prašnost a emise z výfuků provozních mechanismů. Avšak během provozu by se kvalita ovzduší opět zlepšila díky úspoře tradičních paliv (Oznámení EIA 20060121).

Limitní hodnota pro **hodnotu pH** dle nařízení vlády č. 23/2011 Sb. je 6-9. Důlní voda se vyznačuje velmi nízkou hodnotou pH, obvykle až méně jak 3. V tomto případě není hodnota pH snížena v značné míře, hodnoty jsou relativně neutrální. Hodnota pH má silný vliv na zdraví ryb žijící v řece. Optimální hodnota pro život ryb je v rozmezí 7 - 8. Tato voda má slabě zásaditý charakter. Patrně se může jednat o zkreslení vlivem jen tří stanovení. Tabulka 3 obsahuje naměřené hodnoty pH.

Tabulka 3: Naměřené hodnoty pH v monitorovaném období

Odběrové místo	listopad	leden	březen	jednotka
O1	8,2	8,4	8,3	-
O2	7,4	7,2	7,4	-
O3	7,7	7,5	7,9	-

Během tří měsíců, tedy v čase když jsem hodnotu pH měřila, se hodnoty měnily jen nepatrně, což je rovněž patrné z grafu uvedeném na obrázku 14.



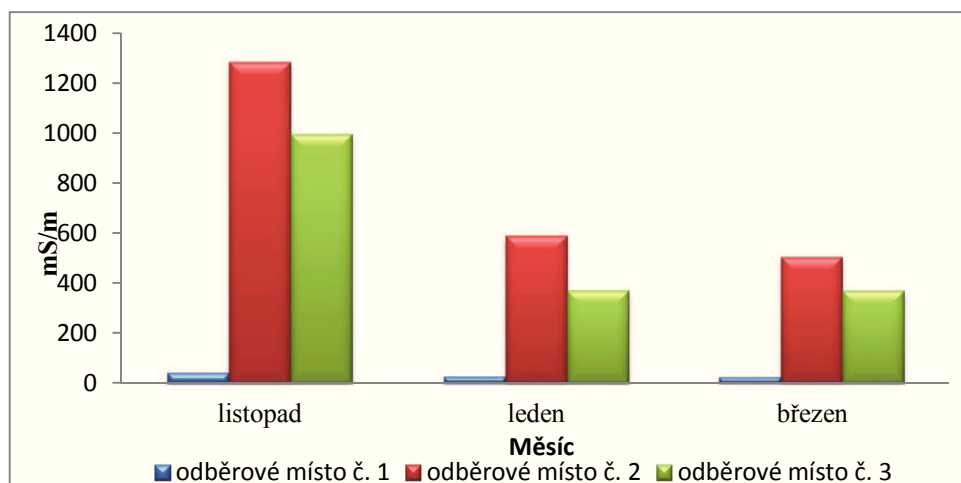
Obrázek 14: Vývoj hodnoty pH ve sledovaném období na monitorovaných lokalitách

Elektrolytická konduktivita je silně ovlivněna vypouštěnou důlní vodou na území řeky u odběrových míst č. 2 a č. 3 (O2 se nachází v bezprostřední blízkosti potrubí a O3 se nachází ve vzdálenosti asi 100 m od O2). Rozdíl hodnot elektrolytické konduktivity mezi O1 a O2 je velmi významný. Zatím co u O1 se hodnoty pohybují v jednotkách $\mu\text{S}/\text{cm}$, u O2 a O3 se jedná až o jednotky mS/cm . Naměřená konduktivita nám říká, že u O2 a O3 jsou omnoho vyšší koncentrace iontově rozpuštěných látek a vyšší celková mineralizace jak tomu je u O1. Hodnoty elektrolytické konduktivity jsou zaznamenány v tabulce 4. Limitní hodnoty konduktivity se v nařízení vlády č. 23/2011 Sb. nenachází, protože je to jen orientační parametr, podle kterého lze odhadnout, kolik bude vzorek vody obsahovat rozpuštěných iontů.

Tabulka 4: Naměřené hodnoty elektrolytické konduktivity v monitorovaném období

Odběrové místo	listopad	leden	březen	jednotka
O1	44	28	27	mS/m
O2	1282	591	502	mS/m
O3	994	373	370	mS/m

Během tří měsíců měření elektrolytické konduktivity se hodnoty významně měnily, což je patrné z grafu uvedeném na obrázku 15.



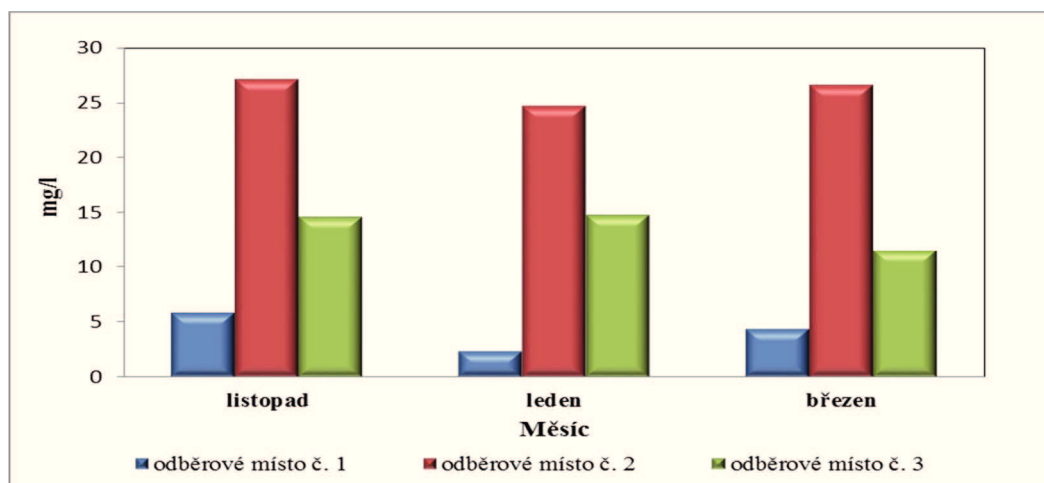
Obrázek 15: Vývoj elektrolytické konduktivity ve sledovaném období na monitorovaných lokalitách

Naměřené hodnoty CHSK_{Cr} se velmi liší u všech odběrových míst. CHSK_{Cr} nám udává odhad organického znečištění. U odběrového místa č. 1 (O1) je naměřená hodnota zanedbatelná. Nařízení vlády č. 23/2011 Sb. udává průměrnou roční limitní hodnotu 26 mg/l. Vzhledem k tomu, že hodnota CHSK_{Cr} se i během těchto měsíců pohybuje kolem hodnoty průměrné roční limitní hodnoty, je reálný předpoklad, že tento hydrochemický parametr může být překračován i ve své průměrné roční hodnotě. Naměřené hodnoty CHSK_{Cr} jsou zaznamenány v tabulce 5. Již na základě těchto tří hodnot lze usuzovat, že sledování tohoto parametru bude významné. Z toho lze odvodit, že díky vypouštění důlní vody z vodní jámy, je voda v daném území organicky znečištěná. Hodnota u odběrového místa č. 3 je už opět snižena, což svědčí o poměrně dobrém ředění podél toku.

Tabulka 5: Naměřené hodnoty chemické spotřeby kyslíku v monitorovaném období

Odběrové místo	listopad	leden	březen	jednotka
O1	5,8	2,38	4,32	mg/l
O2	27,2	24,7	26,6	mg/l
O3	14,6	14,8	11,5	mg/l

Z grafického znázornění výsledků, které je uvedeno na obrázku 16 je patrné, že hodnota CHSK_{Cr} je nejvyšší vždy u odběrového místa č. 2 (nachází se v bezprostřední blízkosti s potrubím).



Obrázek 16: Vývoj hodnot CHSK_{Cr} ve sledovaném období na monitorovaných lokalitách

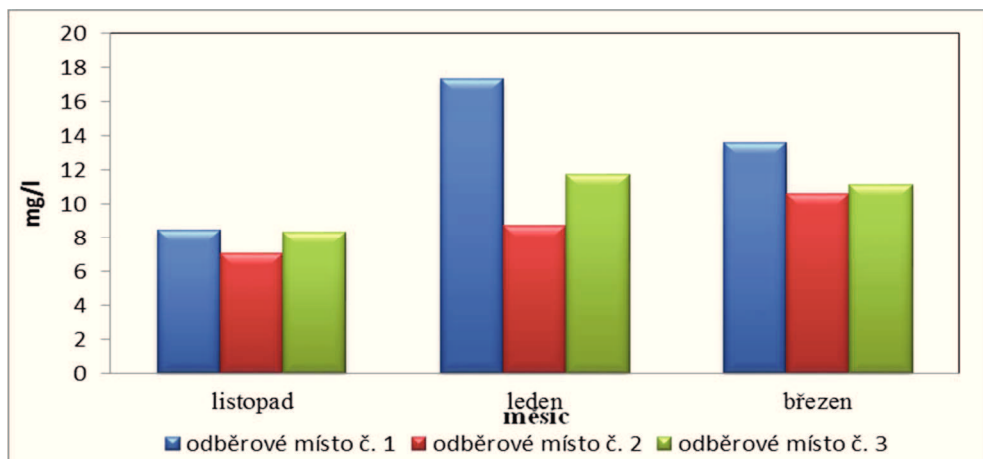
Hodnoty **rozpuštěného kyslíku** v měsíci listopad jsou nižší než průměrná roční hodnota, kterou udává nařízení vlády č. 23/2011 Sb. Voda byla zde slabě nasycená kyslíkem. Nařízení vlády č. 23/2011 Sb. udává průměrnou roční limitní hodnotu >9 mg/l. V následujících měsících se hodnota rozpuštěného kyslíku zvýšila u všech odběrových míst. Lze předpokládat, že tomu bylo tak z důvodu nízkých teplot v zimních měsících. Podle naměřených hodnot v měsíci listopad lze také předpokládat, že hodnoty rozpuštěného kyslíku v měsících s teplým klimatem budou nižší než hodnota ročního průměru udaná v nařízení vlády č. 23/2011 Sb.

Všechny hodnoty jsou zapsané v tabulce 6. Nízká hodnota rozpuštěného kyslíku je kritickým faktorem pro život ryb v řece. Snížené množství může souviset i se zvýšeným obsahem CHSK_{Cr}, BSK_{5a} NH₄⁺.

Tabulka 6: Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku v monitorovaném období

odběrové místo	listopad	leden	březen	jednotka
O1	8,48	17,35	13,57	mg/l
O2	7,06	8,7	10,6	mg/l
O3	8,33	11,71	11,12	mg/l

Z grafického znázornění naměřených hodnot rozpuštěného kyslíku, které je znázorněno na obrázku 17, je patrné, že obsah rozpuštěného kyslíku bylo nejnižší v měsíci listopad.



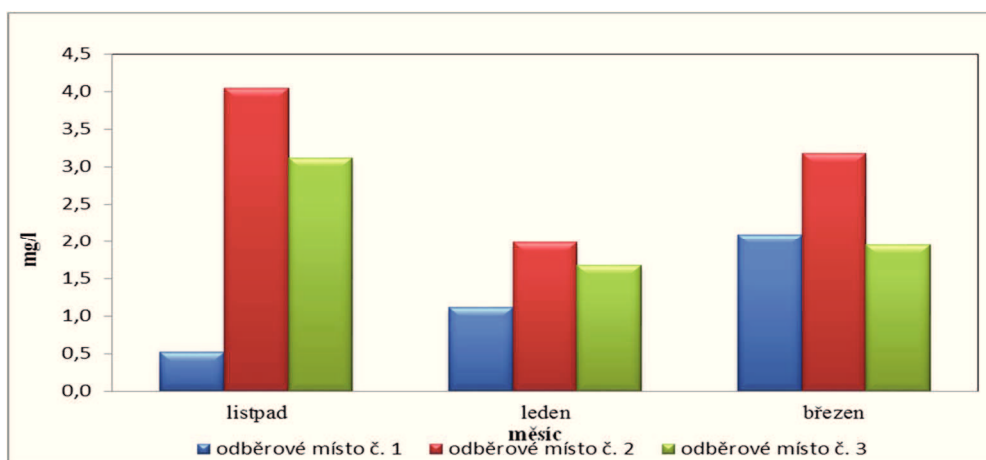
Obrázek 17: Vývoj rozpuštěného kyslíku ve sledovaném období na monitorovaných lokalitách

Nařízení vlády č. 23/2011 Sb. udává limitní hodnotu **BSK₅**, která je 3,8 mg/l. Vzhledem k tomu, že naměřené hodnoty BSK₅ se pohybují v nižších hodnotách, než udává nařízení vlády č. 23/2011 Sb. lze z toho usoudit, že obsah biologicky rozložitelných látek není moc významný a neohrožuje dané území. Výjimkou je hodnota naměřená v měsíci listopad u odběrového místa č. 2.

Tabulka 7: Naměřené hodnoty biochemické spotřeby kyslíku

Odběrové místo	listopad	leden	březen	jednotka
O1	0,52	1,11	2,09	mg/l
O2	4,05	1,98	3,18	mg/l
O3	3,12	1,67	1,95	mg/l

Z grafického znázornění na obrázku 18 lze zřetelně vidět zvýšenou hodnotu BSK v měsíci listopad u O2.



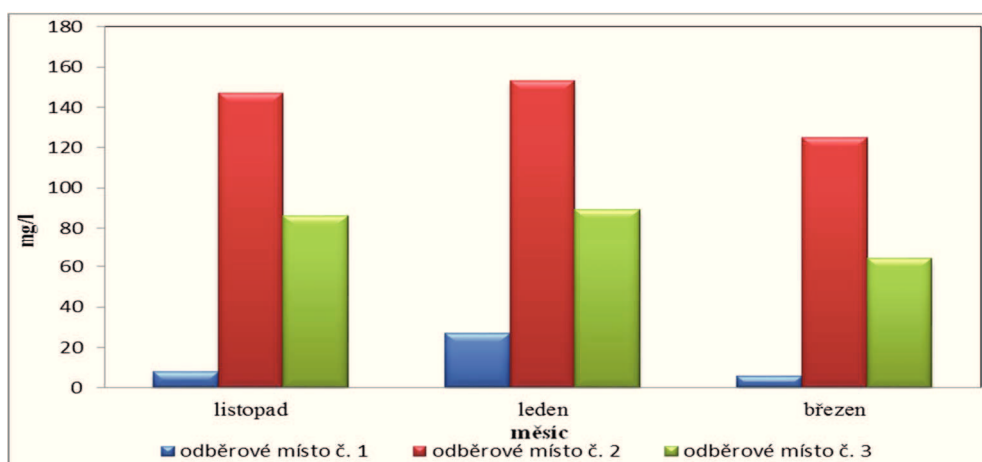
Obrázek 18: Vývoj hodnoty BSK₅ ve sledovaném období na monitorovaných lokalitách

Průměrná roční limitní hodnota, kterou udává nařízení vlády č. 23/2011 je 200 mg/l **síranů**. Z naměřených tří hodnot síranů v monitorovaném období lze usoudit, že obsah síranů není pro řeku Ostravici v daném území významný. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 8.

Tabulka 8: Naměřené hodnoty síranů v monitorovaném období

Odběrové místo	listopad	leden	březen	jednotka
O1	8	27	6	mg/l
O2	147	153	125	mg/l
O3	86	89	64	mg/l

Naměřené hodnoty jsou však zvýšené a velmi rozdílné od hodnot u odběrového místa č. 1, kde jsou hodnoty minimální. Rozdíl těchto hodnot zřetelně ukazuje graf na obrázku 19.



Obrázek 19: Vývoj obsahu síranů ve sledovaném období na monitorovaných lokalitách

Na odstranění síranů z důlní vody je vhodná biologická metoda, která je založená na principu čištění pomocí organického substrátu. Důležité je vybrat vhodný organický substrát jako donor pro redukci síranů. Gilbert a kolegové prokázali na základě svých výsledků, že čím je nižší obsah ligninu v organickém substrátu, tím je vyšší jeho biologická rozložitelnost a kapacita pro vývoj bakteriální aktivity. Tento biologický přístup spočívá v použití anaerobních bakterií redukujících sírany. Jako organické substráty se používají především hlína, dubové listí, ovčí hnůj a kompost a kompost z chovů drůbeže. Výsledky prokázaly, že nejvyšší účinnost a nejvyšší kapacitu pro stimulaci bakteriální aktivity má ovčí hnůj a kompost (Gibert et al., 2004).

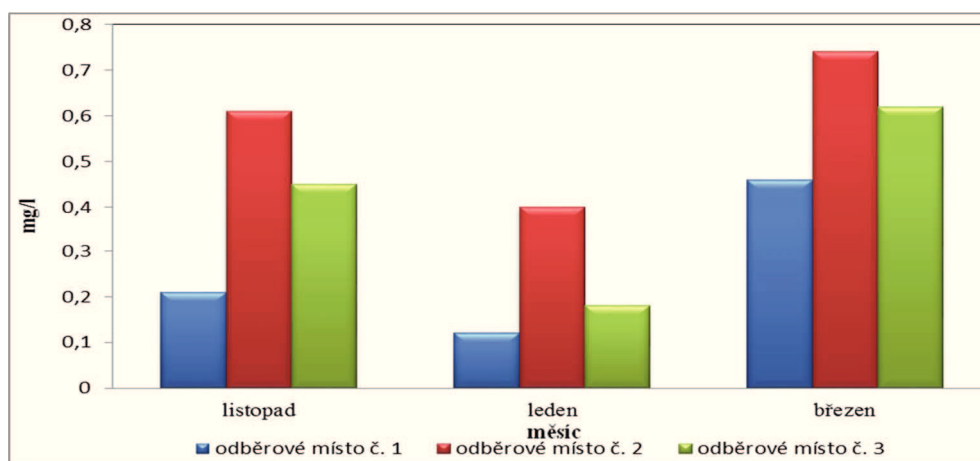
Použití vápence může být také správná volba pro odstranění síranů z důlní vody. Je to vzhledem k tomu, že ionty vápníku se můžou navázat na ionty síranů. Touto metodou lze odstranit až 90 % síranů z důlní vody. Tato metoda je vhodná pro vodu s obsahem síranů nižším než 1200 mg/l. V opačném případě není vápno už účinné. Tato metoda je vhodná pro neutrální důlní vody, protože účinnost vápna se snižuje při kyselé hodnotě pH (Silva et al., 2012).

Naměřené hodnoty **fosforečnanů** mají kolísaví charakter u všech odběrových míst. Průměrná koncentrace fosforečnanů ve vodných tocích se pohybuje v prvních desetínách mg/l. Limitní hodnota PO_4^{3-} není stanovena v nařízení vlády č. 23/2011Sb. Naměřené hodnoty PO_4^{3-} jsou významné pro kvalitu vody v řece z hlediska eutrofizace, která se však nejvíc projevuje v stojatých vodách, jezerech, nádržích. Fosforečnany hrají důležitou roli v přírodním oběhu látek. Jsou nevyhnutné pro vyšší i nižší organismy. V tabulce 9 jsou uvedeny naměřené hodnoty PO_4^{3-} ve všech monitorovaných měsících.

Tabulka 9: Naměřené hodnoty fosforečnanů v monitorovaném období

Odběrové místo	listopad	leden	březen	jednotka
O1	0,21	0,12	0,46	mg/l
O2	0,61	0,4	0,74	mg/l
O3	0,45	0,18	0,62	mg/l

Na grafickém znázornění naměřených hodnot (obrázek 20) lze vypožorovat, že hodnoty jsou kolísavé s nízkou závislostí.



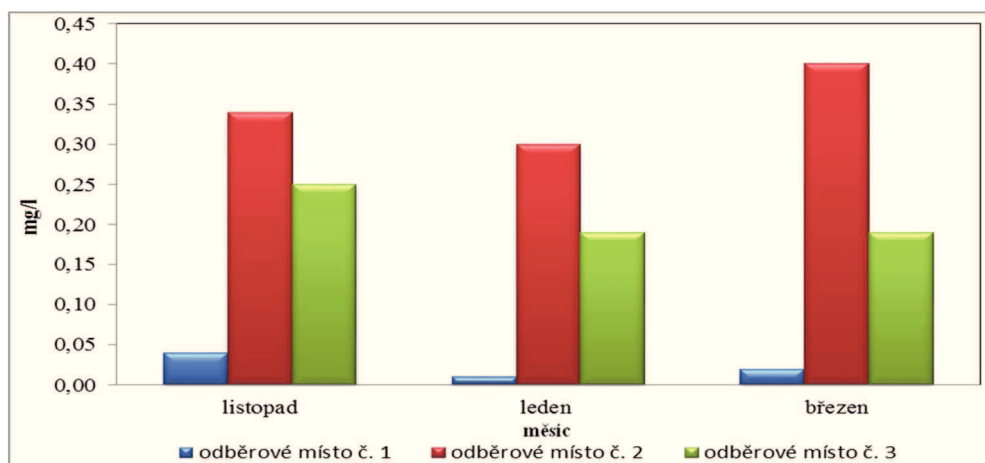
Obrázek 20: Vývoj obsahu fosforečnanů ve sledovaném období na monitorovaných lokalitách

Nařízení vlády č. 23/2011 Sb. udává limitní hodnotu 0,23 mg/l NH_4^+ . V tabulce č. 10 jsou zaznamenány naměřené hodnoty NH_4^+ . Vzhledem k tomu, že hodnota NH_4^+ se během těchto měsíců u odběrového místa č. 2 pohybuje kolem limitní hodnoty, lze předpokládat, že tento hydrochemický parametr bude překračován i ve své průměrné roční hodnotě. Zvýšené množství NH_4^+ souvisí i se sníženým množstvím rozpuštěného kyslíku v stejném období.

Tabulka 10: Naměřené hodnoty amoniakálního dusíku v monitorovaném období.

Odběrové místo	listopad	leden	březen	jednotka
O1	0,04	0,01	0,02	mg/l
O2	0,34	0,3	0,4	mg/l
O3	0,25	0,19	0,19	mg/l

V grafickém znázornění na obrázku 21 je zřetelně vidět, že nejvyšší naměřené hodnoty jsou zaznamenány u odběrového místa č. 2. Lze předpokládat, že zvýšené hodnoty NH_4^+ jsou zapříčiněny vypouštěním důlní vody a vlivem atmosférických srážek, které jsou obohaceny exhalací ze spalovacích procesů. Zvýšená teplota taky negativně ovlivňuje obsah NH_4^+ (Pitter, 2009).



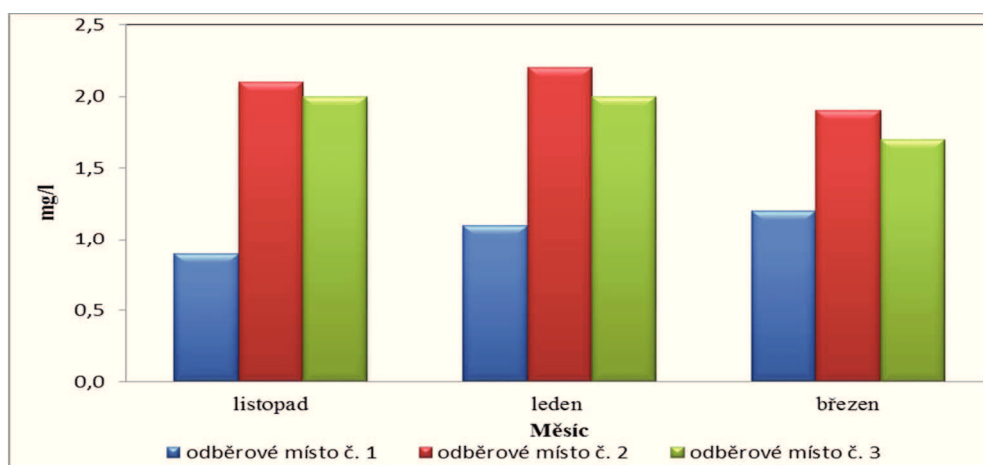
Obrázek 21: Vývoj obsahu amoniakálního dusíku ve sledovaném období na monitorovaných lokalitách

Limitní hodnota stanovená nařízením vlády č. 23/2011 Sb. je 5,4 mg/l N-NO_3 . Naměřené hodnoty jsou významně nižší než udaná limitní hodnota. Proto lze předpokládat, že i hodnota ročního průměru nepřekročí limitní hodnotu nařízení vlády č. 23/2011 Sb. Naměřené hodnoty jsou zapsány v tabulce 11.

Tabulka 11: Naměřené hodnoty dusičnanového dusíku v monitorovaném období

Odběrové místo	listopad	leden	březen	jednotka
O1	0,9	1,1	1,2	mg/l
O2	2,1	2,2	1,9	mg/l
O3	2	2	1,7	mg/l

Z grafického znázornění na obrázku 22 lze zřetelně vidět, že naměřené hodnoty jsou poměrně nízké. Nejvyšší naměřené hodnoty se zaznamenaly u odběrového místa č. 2, velmi podobné jsou i hodnoty u odběrového místa č. 3.



Obrázek 22: Vývoj obsahu dusičnanového dusíku ve sledovaném období na monitorovaných lokalitách

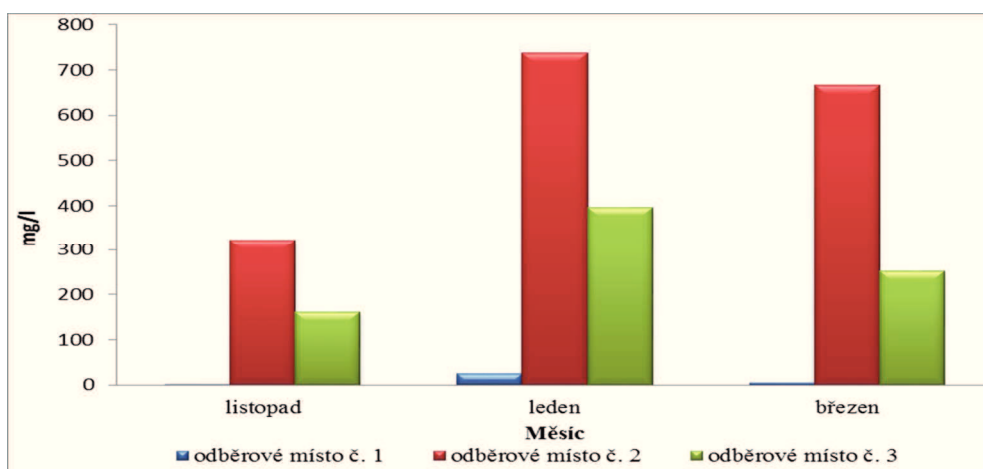
Důlní voda se vyznačuje v mnoha případech silnou slaností a teda obsahem **chloridů**. Nařízení vlády č. 23/2011 Sb. povoluje hodnotu 150 mg/l chloridů v povrchových tocích. Naměřené hodnoty u odběrového místa č. 1 jsou zanedbatelné ale hodnoty u dalších dvou odběrových míst, které jsou ovlivněny vypouštěním důlní vody, se pohybují vysoko nad roční průměrnou hodnotou nařízení vlády č. 23/2011 Sb.

Podle mých výsledků lze tedy předpokládat, že hodnoty ročního průměru u odběrového místa č. 2 a č. 3 budou překračovat imisní limit nařízení vlády č. 23/2011 Sb. Lze říct, že řeka Ostravice je v daném území silně ovlivněna a znečištěna obsahem chloridů. Zvýšený obsah chloridů může způsobit vyšší obsah toxických kovů. Obsah chloridů dosáhl nejvyšší hodnoty v měsíci leden u O2 a to **738 mg/l** chloridů, což je asi pět násobek imisního limitu. Tabulka 12 obsahuje všechny naměřené hodnoty chloridů.

Tabulka 12:Naměřené hodnoty chloridů v monitorovaném období

Odběrové místo	listopad	leden	březen	jednotka
O1	1,15	26,15	4,99	mg/l
O2	324	738	666	mg/l
O3	162	392	252	mg/l

Grafické znázornění naměřených hodnot chloridů na obrázku č 23 proukazuje markantní rozdíly mezi hodnotami naměřenými u neovlivněného O1 a O2, O3, které jsou ovlivněny vypouštěním důlní vody z vodní jámy Jeremenko.



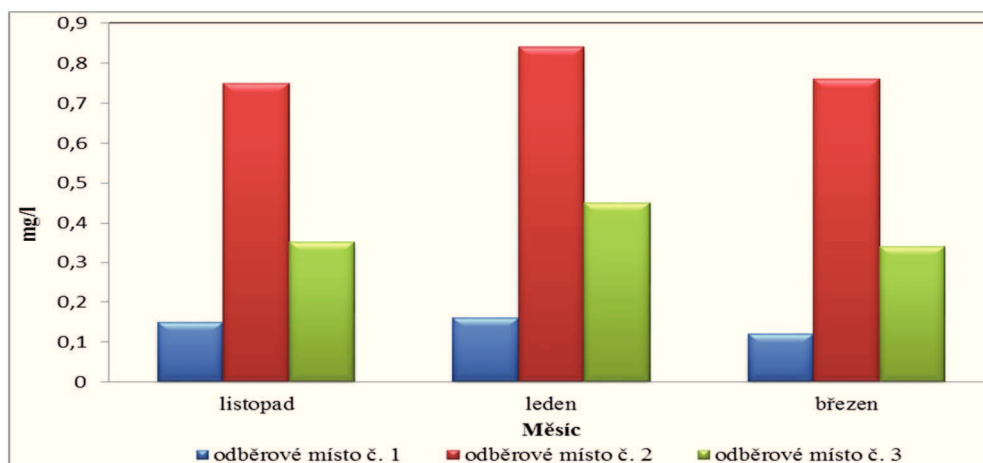
Obrázek 23: Vývojový graf obsahu chloridů

Limitní roční průměrná hodnota nařízení vlády č. 23/2011 Sb. je 1 mg/l Fe. Hodnoty u odběrového místa č. 2 se nejvíc přibližují k limitní hodnotě, protože tam je voda ovlivněná důlní vodou nejvíc. Naměřené hodnoty železa u všech odběrových míst nejsou proměnlivé, dokonce lze říct, že mají mezi sebou určitou závislost.

Tabulka 13:Naměřené hodnoty obsahu železa v monitorovaném období

Odběrové místo	listopad	leden	březen	jednotka
O1	0,15	0,16	0,12	mg/l
O2	0,75	0,84	0,76	mg/l
O3	0,35	0,45	0,34	mg/l

Z grafického znázornění výsledků, které je uvedeno na obrázku 24 je patrné, že obsah Fe je nejvyšší vždy u odběrového místa č. 2 (nachází se v bezprostřední blízkosti s potrubím).



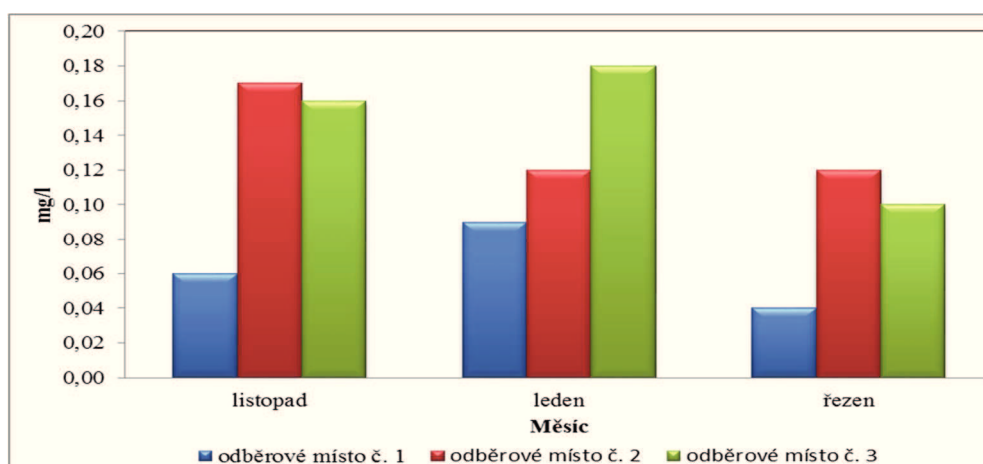
Obrázek 24: Vývojový graf obsahu železa

Podobně je na tom taky obsah **manganu**. Nařízení vlády č. 23/2011 Sb. udává limitní hodnotu 0,3 mg/l. Nejvyšší naměřené hodnoty se zaznamenali u O2, ale nepohybovali se kolem průměrné roční limitní hodnoty, z toho lze předpokládat, že ani průměrná roční hodnota nepřekročí stanovený limit nařízení vlády č. 23/2011Sb. Všechny naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 14.

Tabulka 14: Naměřené hodnoty obsahu manganu v monitorovaném období

Odběrové místo	listopad	leden	březen	jednotka
O1	0,06	0,09	0,044	mg/l
O2	0,17	0,12	0,12	mg/l
O3	0,16	0,18	0,098	mg/l

Na obrázku 25 je graficky znázorněn obsah manganu u všech odběrových míst za všechny měsíce. Na grafu lze vidět, že naměřené hodnoty jsou poměrně nízké.



Obrázek 25: Vývojový graf obsahu manganu

Současné a také minulé důlní činnosti jsou považovány za hlavní zdroje kontaminace půdy a vody. Těžební průmysl produkuje důlní vodu, která obsahuje vysoký obsah síranů, chloridů, těžkých kovů a nekovů.

Nejvýhodnější možnost jak neznečišťovat povrchovou vodu důlní vodou je prevence její vzniku a zabránění vypouštění důlní vody do vody povrchové. I když to není vždy možné kvůli potřebě shromažďování důlní vody, v souvislosti s udržováním její hladiny. Existují různé možnosti pro sanaci důlní vody. Lze je rozdělit na ty, které používají chemické mechanismy a na ty, které biologické mechanismy. Oba mechanismy zahrnují aktivní a pasivní systémy. Aktivní systémy vyžadují neustálé vstupy do zdroje, pasivní systémy vyžadují převážně málo vstupů do zdroje (Johnson a Hallberg, 2005).

Nejrozšířenější metoda chemického mechanismu čištění je aktivní ošetření přidáváním chemicko- neutralizačních prostředků. Přidáváním alkalického materiálu do AMD se zvýší hodnota pH, urychlí se chemická oxidace železa a z mnohých kovů se vytvoří sraženina. Jako neutralizační činidla se používá hašené vápno Ca(OH)_2 , uhličitán vápenatý CaCO_3 , uhličitán sodný Na_2CO_3 , hydroxid sodný NaOH , oxid horečnatý MgO a hydroxid horečnatý Mg(OH)_2 . Každé činidlo se liší v nákladech a v účinnosti. Například NaOH je 1,5× účinnější jako hašené vápno, ale je 9× nákladnější. Ačkoli může být aktivní chemická úprava velmi účinná, má nevýhody kvůli vysokým provozním nákladům a problémům s likvidací objemného kalu, který je úpravou produkován (Silveira et al., 2009).

Pasivní chemická metoda je založena na přidávání zásaditosti do AMD, přidávání anoxické vápencové hmoty. Cílem těchto systémů je přidáním alkalické látky zachovat železo v jeho redukované formě, aby nedošlo k oxidaci Fe^{2+} a srážení Fe(OH)_3 na vápenec, který snižuje účinnost neutralizačního činidla. Tento systém vyžaduje minimální údržbu. Má však nevýhodu, protože snižuje množství rozpuštěného kyslíku ve vodě. Tato metoda se obvykle používá v spolupráci s mokřadními systémy čištění vody (Netto et al., 2013).

Základem bioremediace AMD je schopnost některých mikroorganismů vyrábět alkalitu a znehybnit kovy, a tím v podstatě brzdit reakce zodpovědné za vznik kyselé důlní vody. Používají se různé bakterie, huby, plesně, řasy, zelený odpad. Bioremediace pomocí mikroorganismů se v dnešní době považuje za atraktivní řešení pro čištění znečištěné vody.

Existuje mnoho metod na čištění odpadních důlních vod a i navzdory tomu se důlní voda bez užitku vypouští do vodních toků. I když by se daly po úpravě užitečně využít, a to například na zavlažování, čištění motorových vozidel, čištění cest atd.

5 ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo posoudit vliv vodní jámy Jeremenko na kvalitu vody v řece Ostravici. Vliv důlní vody jsem posuzovala srovnáním naměřených hodnot s nařízením vlády č. 23/2011 Sb. Výsledky provedeného pilotního stanovení vybraných hydrochemických parametrů v řece Ostravici můžu shrnout následovně.

Naměřené hodnoty u odběrového místa č. 1 (O1) se značně liší od hodnot naměřených u odběrového místa č. 2 (O2) a č. 3 (O3). Teda je zřejmé, že vypouštěné důlní vody ovlivňují kvalitu vody v řece v daném území.

Z naměřených hodnot teplot vyplývá, že vypouštěná důlní voda ohřívá vodní tok o 8 °C. Z toho lze usoudit, že vypouštěná důlní voda může způsobit teplotní znečištění řeky v daném území. Pitter uvádí, že teplota povrchové vody by neměla překročit 26 °C, což voda v tomto případě splňuje.

Naměřené hodnoty pH jsou ve všech případech v rozmezí 7- 8, což jsou optimální hodnoty pro život ryb v řece. Z těchto hodnot lze říct, že voda má slabě zásaditý charakter.

Rozdíl hodnot elektrolytické konduktivity mezi O1 a O2 byl významný. Z toho vyplývá, že u O2 a O3 je omnoho vyšší obsah rozpuštěných vodivých látek. Vodivost jsem s nařízením vlády č. 23/2011 nesrovnávala, protože se zde nenachází. Elektrolytická konduktivita je pouze orientační parametr.

Naměřené hodnoty CHSK_{Cr} se během monitorovaného období pohybují kolem hodnoty průměrné roční limitní hodnoty, je reálný předpoklad, že parametr CHSK_{Cr} může být překračován i ve své průměrné roční hodnotě. Na základě těchto tří hodnot lze usuzovat, že sledování tohoto parametru bude významné.

Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku se značně lišily v měsíci listopad a v měsících leden a březen. V měsících leden a březen byly hodnoty rozpuštěného kyslíku vyšší. Je to z důvodu chladnějšího počasí jako v měsíci listopad.

Naměřené hodnoty BSK_5 se pohybují v nižších hodnotách, než udává nařízení vlády č. 23/2011 Sb. Z toho lze usoudit, že obsah biologicky rozložitelných látek není moc významný a neohrožuje dané území. Výjimkou bylo odběrové místo č. 2 v měsíci listopad.

Z naměřených tří hodnot síranů lze usoudit, že obsah síranů není pro řeku Ostravici v daném území významný. Všechny naměřené hodnoty se pohybují pod hranicí 200 mg/l.

Naměřené hodnoty fosforečnanů mají kolísaví charakter u všech odběrových míst, nejsou však velmi rozdílné od průměrných koncentrací fosforečnanů v povrchové vodě. Limitní hodnota pro fosforečnany se nenachází v nařízení vlády č. 23/2011 Sb. Obsah fosforečnanů je však významný z hlediska eutrofizace.

Naměřené hodnoty NH_4^+ se během tří monitorovaných měsíců u odběrového místa č. 2 pohybují kolem limitní hodnoty, lze předpokládat, že tento hydrochemický parametr bude překračován i ve své průměrné roční hodnotě. U odběrových míst č. 1 a č. 3 je není obsah NH_4^+ významný.

Naměřené hodnoty N-NO_3^- jsou významně nižší než udaná limitní hodnota, která je 5,4 mg/l. Proto lze předpokládat, že i hodnota ročního průměru nepřekročí limitní hodnotu nařízení vlády č. 23/2011 Sb.

Naměřené hodnoty chloridů u odběrových míst č. 2 a č. 3 se pohybují vysoko nad roční průměrnou hodnotou nařízení vlády č. 23/2011 Sb. Lze tedy předpokládat, že hodnoty ročního průměru u odběrového místa č. 2 a č. 3 budou překračovat imisní limit nařízení vlády č. 23/2011 Sb. Obsah chloridů dosáhl nejvyšší hodnoty v měsíci leden u O2 a to 738 mg/l chloridů, což je asi pět násobek imisního limitu.

Hodnoty železa u odběrového místa č. 2 se nejvíc přibližují k limitní hodnotě nařízení vlády č. 23/2011 Sb., která je 1 mg/l. Nelze ale předpokládat že roční průměrná hodnota železa bude překračovat imisní hodnotu.

Podobně jako u železa i hodnoty manganu se nejvíc přibližují k limitní hodnotě nařízení vlády č. 23/2011 Sb. u odběrového místa č. 2. Předpokládám, že je tomu tak, protože v daném území je voda ovlivněna vypouštěnou důlní vodou.

Pomocí pilotní studie jsem vybrala parametry, kterým se budu dále věnovat v diplomové práci. Na základě výsledků jsem pro další studium lokality v rámci diplomové práce zvolila tyto parametry: Cl^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , CHSK_{Cr} , rozpuštěný O_2 a teplota.

Použitá literatura

1. ADAMÍK, L.: *Ostrava- Vítkovice: statutární město Ostrava- městský obvod Vítkovice*. [online]. 2003, [cit. 2013-04-04]. Ostrava-Vítkovice. Dostupné z WWW: <<http://ostrava-vitkovice.eu/uvod.php>>.
2. BALATKA, B.; KALVODA J.: *Geomorfologické členění reliéfu Čech*. Vyd. 1. Praha: Kartografie PRAHA, 2006. 79 s. ISBN 80-7011-913-6.
3. BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J.: *NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review*. Journal of Plants Physiology. č. 159, 2002. 567- 584
4. CAISSIE, D.; SATISH, M. G.; JABI, N. E.: *Predicting water temperatures using a deterministic model: Application on Miramichi River catchments (New Brunswick, Canada)*. Journal of Hydrology. č. 336, 2007. 303- 315
5. CAMAGO, J. A.; ALONSO, A.; SALAMNCA, A.: *Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates*. Chemosphere. č. 9, 2005. 1255- 1267
6. *Chemical oxygen demand (COD-Cr)*. [online]. 12. 01. 2010 [cit. 2013-04-17]. European Pollutant Emission Register (EPER) and National encyclopedia in 2010 Dostupné z WWW: <<http://utslappisiffror.naturvardsverket.se/en/Substances/Other-substances/Chemical-oxygen-demand-COD/>>.
7. ČÁSTEČKOVÁ, P.: *Řeky a potoky v ČR*. Olomouc: ALDA, 1999. 315s. ISBN 80-85600 63-3.
8. ČERNÍK, M.: *Geochemie a remediací důlních vod*. Praha: Copyright, 2009. Vyd. 2. 254s. ISBN 978-80-254-2921-1.
9. Česká republika. Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. In *Sbírka zákonů ČR*. 2010, 23/2011.
10. ČSN 75 7345 Jakost vod. Teplota. Duben 1999.
11. ČSN EN 27888 (75 7344) Jakost vod- Stanovení elektrolytické konduktivity. Červen 1996.

12. ČSN EN 1899- 1 (75 7517) Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech (BSK_n)- Část 1: Zředovací a očkovací metoda s přidavkem allylthiomochoviny. Únor 1999.
13. ČSN EN 25813 – ISO 5813:1983(75 7462) Stanovení rozpuštěného kyslíku. Jodometrická metoda. Únor 1995.
14. ČSN ISO 5667-6 (75 7051) Jakost vod- Část 6: Návod pro odběr vzorků z řek a potoků. Červen 2008.
15. ČSN ISO 15705 (757521) Jakost vod. Stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK_{cr}) - Metoda ve zkumavkách. Září. 2008.
16. ČSN ISO 7150-1 (757451) Jakost vod. Stanovení amonných iontů. Část 1: Manuální spektrometrická metoda. Červenec 1994.
17. ČSN ISO 10523 (75 7365) Jakost vod- Stanovení pH. Únor 1996.
18. ČSN ISO 9297 (75 7420) Stanovení chloridů Argentometrické stanovení s chromanovým indikátorem (metoda podle Mohra). Únor 1996.
19. DAVIS, J.: *Minimal dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian species : a review*. Journal of Fisheries Research Board Canada. č. 12,1975. 2295- 2332
20. DRAKE, JJ.: *Effecting of iron mining on surfacewater quality in Schefferville area*. Applied Geography. č. 1,1981. 287- 296
21. *Důl Maršál Jeremenko v Ostravě*. [online]. 27. 09. 2009 [cit. 2013-02-28]. Zdař Bůh Dostupné z WWW: <<http://www.zdarbuh.cz/reviry/okd/dul-marsal-jeremenko-v-ostrave/>>.
22. GRABDA, E.; ORECKA, T.; FELINSKA, C.; ZBANYSEK, R.: *Experimental methemoglobinemia in trout*. Acta Ichthyol. č. 4,1974. 43- 71
23. GIBERT, O.; PABLO, J.; CORTINA, J.L.; AYORA, C.: *Chemical characterisation of natural organic substrates for biological mitigation of acid mine drainage*. Water Research.č. 38, 2004.4186–4196
24. HOLBA, M.: *Vhodné technologie recyklace fosforu z povrchových a odpadních vod*. ASIONEWS. č. 51, 2010. 12- 16.
25. HORÁKOVÁ, M.: *Analytika vody*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2007. 335 s. ISBN 978-80-7080-520-6.

26. CHEN, S.; CHEN, J.: *Effects of pH on survival, growth, molting and feeding of giant freshwater prawn Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture.č. 218, 2003. 613- 623
27. JAMPEETONG, A.; BRIX, H.: *Effecting of NH_4^+ concentration on growth, morfology an NH_4^+ uptake kinetick of *Salvinia natans**. Ecological Engineering. č. 5, 2009. 695- 702
28. *Jeremenko (komplex vodní jámy Jeremenko)*. [online]. 2013, [cit. 2013-04-17]. DIAMO, státní podnik. Dostupné z WWW: <<http://www.diamo.cz/jeremenko>>.
29. JOHNSON, D.; HALLBERG, B.: *Acid mine drainage remediation options: a review*. Science of The Total Environment: Bioremediation of Acid Mine Drainage: The Wheal Jane Mine Wetlands Project. č. 338, 2005. 3-14
30. KAUSHAL, SS.: *Chlorid*. Encyclopedia of Inland Waters. č. 1, 2009. 23- 29
31. KRÍŽ, V.: *Moravskoslezský kraj- klimatické a hydrologické poměry*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2004. 43 s. ISBN 80-7042-994-1.
32. KUMAR, R.; KUMAR, A.: *Water analysis- Biochemical Oxygen Demand*. Encyclopedia of Analytical Science. Second edition. 2005. 315- 324
33. KVĚTON, V.; VOŽELÍNEK, V.: *KLIMATICKÉ OBLASTI ČESKA: KLASIFIKACE PODLE QUITTA*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. 20s. ISBN 978-80-244-2813-0.
34. Manganese Method 8149- Powder Pillows-LR-2800
35. NETTO, E., MADEIRA, R. A.; SILVEIRA, F. Z.; FIORI, M. A.; ANGIOLETO, E.; PICH, C. T.; GEREMIAS, R.: *Evaluation of the toxic and genotoxic potential of acid mine drainage using physicochemical parameters and bioassays*. Environmental Toxicology and Pharmacology.č. 35, 2013. 511-516.
36. Nitrate Method 8171- Powder Pillows-MR-2800
37. *Ostravice*. [online]. 2012, [cit. 2013-02-23]. Atlas hlavních vodních toků povodí Odry. Dostupné z WWW: <http://www.pod.cz/atlas_toku/ostravice.html#charaktertoku>.
38. PITTER P.: *Hydrochemie*. Praha: VŠCHT ,4. vydání, 2009. 568 s. ISBN: 978-80-7080-701-9.
39. Phosphorus Reactive Orthophosphate Method 8048- Powder Pillows-2800

40. SILVA, A. M.; LIMA, R. M. F.; LEÃO, V. A.: *Mine water treatment with limestone for sulfate removal*. Journal of Hazardous Materials č. 221-222, 2012. 45-55.
41. SILVEIRA, D. A. N.; SILVA, R.; RUBIO, J.: *Treatment of Acid Mine Drainage (AMD) in South Brazil: Comparative active processes and water reuse*. International Journal of Mineral Processing. č. 93, 2009. 103-109.
42. ŠINDLÁŘOVÁ, I; KOBZA M.: *ŘEKY MORAVSKOSLEZSKÉHO KRAJE*. Olomouc: Poznání, 2007. 244s .ISBN 978-80-86606-70-5.
43. Tilman, D. : *Species richness of experimental productivity gradients: how important is colonization limitation*. Ecology. č. 74, 1993. 2179 – 2191.
44. TPTZ Method Iron total 8112- Powder Pillows- 2800
45. TRŽILOVÁ, V.: *Využití odpadního tepla z čerpaných důlních vod vodní jámy Jeremko pro vytápění*. 2007. Oznámení EIA 20060121; G-Consult, spol. s r.o., 39s.
46. USEPA Sulfate Ver 4 Method 8051- Powder Pillows- 2800, Metodika stanovení SO₄.

Seznam obrázků,

Obrázek 1 : Mapa lokalizace Vítkovic v městě Ostrava v měřítku 1: 95 000	3
Obrázek 2: Mapa klimatologického členění ČR dle Quitta, 1971 měřítku 1: 150 000	4
Obrázek 3: Mapa toku řeky Ostravice v měřítku 1: 50 000	5
Obrázek 4: odměrné místo č. 1- O1 (březen [2013])	13
Obrázek 5: odměrné místo č. 2- O2 (březen [2013])	14
Obrázek 6: odměrné místo č. 3 - O3 (březen [2013])	14
Obrázek 7: Digitální teploměr GTH 175/ Pt (březen [2013]).....	16
Obrázek 8: Konduktometr WTW GMH 3430 (březen [2013])	16
Obrázek 9: Stanovení amoniakálního dusíku (březen [2013])	18
Obrázek 10: Termostat WTW CR 2200 od společnosti MERCI (březen [2013])	18
Obrázek 11: Stanovení BSK (březen [2013]).....	19
Obrázek 12: Stanovení manganu (březen [2013])	20
Obrázek 13: Vývojový graf naměřených hodnot teploty	22
Obrázek 14: Vývojový graf naměřených hodnot pH	24
Obrázek 15: Vývojový graf naměřených hodnot elektrolytické konduktivity	25
Obrázek 16: Vývojový graf naměřených hodnot CHSKCr.....	26
Obrázek 17: Vývojový graf naměřených hodnot rozpuštěného kyslíku	27
Obrázek 18: Vývojový graf naměřených hodnot biochemické spotřeby kyslíku	27
Obrázek 19: Vývojový graf naměřených hodnot síranů	28
Obrázek 20: Vývojový graf obsahu fosforečnanů	29
Obrázek 21: Vývojový graf obsahu amoniakálního dusíku	30
Obrázek 22: Vývojový graf obsahu dusičnanového dusíku	31
Obrázek 23: Vývojový graf obsahu chloridů	32
Obrázek 24: Vývojový graf obsahu železa.....	33
Obrázek 25: Vývojový graf obsahu manganu	33

Seznam tabulek

Tabulka 1: Ukazatele vodního toku a NEK- průměrné roční hodnoty.....	21
Tabulka 2: Naměřené hodnoty teplot vody v monitorovaném období.....	22
Tabulka 3: Naměřené hodnoty pH v monitorovaném období	23
Tabulka 4: Naměřené hodnoty elektrolytické konduktivity v monitorovaném období.....	24
Tabulka 5: Naměřené hodnoty chemické spotřeby kyslíku v monitorovaném období	25
Tabulka 6: Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku v monitorovaném období	26
Tabulka 7: Naměřené hodnoty biochemické spotřeby kyslíku.....	27
Tabulka 8: Naměřené hodnoty síranů v monitorovaném období.....	28
Tabulka 9: Naměřené hodnoty fosforečnanů v monitorovaném období	29
Tabulka 10: Naměřené hodnoty amoniakálního dusíku v monitorovaném období	30
Tabulka 11: Naměřené hodnoty dusičnanového dusíku v monitorovaném období	31
Tabulka 12: Naměřené hodnoty chloridů v monitorovaném období	32
Tabulka 13: Naměřené hodnoty obsahu železa v monitorovaném období.....	32

